# GRAĐEVINAR

12

ČASOPIS SAVEZA GRAĐEVNIH INŽENJERA I TEHNIČARA SR HRVATSKE

GODINA XV

PROSINAC 1963

9555

# »GRAĐEVINAR«

GOD. XV Br. 12

SADRŽAJ



## SURADNICI!

### OLAKŠAJTE RAD REDAKCIJSKOM ODBORU I UREDNIKU

Ako želite da Vaš članak bude što prije objavljen, držite se uputa:

DVA PRIMJERKA tipkana na stroju potpuno spremna za štampu neophodno su potrebna; tipkanje PROREDOM sa slobodnim RUBOM 5 cm ŠIRINE s lijeve strane omogućuju unošenje potrebnih korektura na jasan i pregledan način;

CRTEŽI IZRAĐENI TUŠEM jedino mogu da se upotrebe za izradu klišeja; slova i brojke na crtežima moraju biti tako veliki, da nakon smanjenja na format lista (8 odn. 16,5 cm širine) budu najmanje 1 mm visoki; svi naknadni ispravci crteža idu na račun autora;
fotografije kontrastne na sjajnom papiru daju dobre klišeje;
popis crteža i slika s rednom numeracijom olakšava orijetanciju, pa se izbjegava zametanje; sve slike priložiti odvojeno od teksta;
jasno i koncizno izražavanje u duhu jezika olakšava čitanje i povećava razumljivost, a štedi i na skupocijenom prostoru u listu.

Svi se objavljeni radovi honoriraju po tarifi, originalne slike se računaju kao tekst.

Molimo autore da prilikom slanja rukopisa naznače potpunu adresu, broj žiro računa i nadležnu općinu.

RUKOPISI SE NE VRAĆAJU, zadržite za sebe kopiju!

Časopis izdaje: Savez građevnih inženjera i tehničara SRH, Zagreb, Berislavićeva ul. 6.

Glavni urednik: Prof. dr ing. Ervin Nonveiller
Tehnički urednik: Ante Nejašmić

 — Administracija: Zagreb, Berislavićeva 6 — Tel. 38-114 — Tek. račun kod NB Zagreb 400-181-603-116

Tisak »VJESNIK«, Zagreb

»GRAĐEVINAR«

ČASOPIS SAVEZA GRAĐEVNIH INŽENJERA I TEHNIČARA HRVATSKE

ZAGREB
BERISLAVIĆEVA 6
Telefon 38-114
Tekući račun 400-181-603-116

12 BROJEVA GODIŠNJE S AKTUELNIM I INTERESANTNIM SADRŽAJEM

Izlazi svakog mjeseca

Godišnja pretplata iznosi

Za poduzeća i ustanove

| | | |
|---|---|---|
| Prvi pretplatni primjerak . . | Din | 12.000 |
| svaki daljnji primjerak . . . | „ | 2.500 |
| za ostale pretplatnike . . . | „ | 900 |
| za đake Građevinske srednje tehničke škole i studente Građevinskog fakulteta . . . . . . | „ | 400 |
| za inostranstvo . . . . . . | „ | 4.000 |
| pojedini broj za poduzeća i ustanove . . . . . . . . . . | „ | 250 |
| za ostale . . . . . . . . . | „ | 80 |

»GRAĐEVINAR« ima razvijenu oglasnu službu s ovim kategorijama oglasa

1. Oglašivanje privredne djelatnosti
2. Ponuda i potražnja materijala, najam strojeva i inventara, oglasi licitacije
3. Ponuda i potražnja namještenja

PRETPLATITE SE NA GRAĐEVINAR

OGLAŠAVAJTE U GRAĐEVINARU

# GRAĐEVINAR

ČASOPIS SAVEZA GRAĐEVNIH INŽENJERA
I TEHNIČARA SR HRVATSKE



GOD. XV 1963

ČLANCI

GRAĐEVINAR

GOD. XV PROSINAC 1963. Br. 12

# REKONSTRUKCIJA KLINKER HALE TVORNICE CEMENTA »PRVOBORAC« KRAJ SPLITA

Ing. **Stjepan Sablić**, Zagreb

U industrijskom bazenu Splita značajnu ulogu igra industrija cementa. Tri od ukupno četiri tvornice Dalmacije cementa raspoređene su u Kaštelanskom zaljevu. Po tradiciji i kvaliteti cementa poznate su kako na domaćem tako i na inozemnom tržištu tvornice »Prvoborac«, »Partizan« i »10. kolovoz«.

Sve tvornice cementa Splitskog bazena građene su prije II svjetskog rata. Neke od njih bile su bombardirane tako da je po završetku rata dotrajalo stanje konstrukcije i opreme bilo još više akutnije. U ovakvom stanju tvornice su uz velike napore i snalažljivost rukovodećeg kadra ipak zadovoljavale planirani udio u jugoslavenskoj proizvodnji cementa u periodu obnove zemlje. Međutim forsirana produkcija poprimila je u eri velike nestašice cementa takve razmjere da su svi zahtjevi za ozbiljnije i veće popravke konstrukcija morali biti podređeni glavnom zadatku tvornice — proizvodnji cementa.

Najprije se pristupilo detaljnoj rekonstrukciji tvornice cementa »Partizan.« Možda je davanje prioriteta ovoj tvornici bila posljedica niza sretnih okolnosti ,ali prvenstveno povoljnog smještaja i slobodnog prostora. Osim toga i činjenica da je proizvedeni cement u tvornici »Partizan« bio znatno slabije kvalitete od onoga kojeg je proizvodila susjedna tvornica »Prvoborac«. Dotrajalost peći, ubrzala je odluku o ulasku u tako veliki zahvat kao što je rekonstrukcija pod pogonom. Međutim, u tvornici »Prvoborac« nastojalo se uz veliki riziko za ljude i cijeli pogon održati i pojačati oštećene konstrukcije da bi se moglo zadovoljiti koliko toliko potražnji cementa. Tako su prvi projekti za popravak klinker hale bili izrađeni 1949. god. zatim su izgrađeni novi silosi cementa, vertikalne peći i izvršeni mnogi drugi neregistrirani radovi bez kojih se održanje pogona ne bi moglo ni zamisliti. Slična situacija bila je i sa tvornicom »10. kolovoz« kod koje su tvornice mnogi objekti obnovljeni i danas se tvornica nalazi pred proširenjem pogona.

Četvrta tvornica cementa »Renko Šperac« — Omiš bila je također potpuno dotrajala, a po kvaliteti cementa nije zadovoljavala standarde JUS-a. Obzirom da je to po kapacitetu najmanja tvornica, odlučeno je da se generalno obnovi.

Rekonstrukcija ove tvornice završena je prošle godine i tvornica je nedavno puštena u probni pogon. Prema tome, stanje konstrukcija tvornice cementa »Prvoborac« još je i danas najslabije.

Rekonstrukcija ove tvornice je u toku i to na centralnom i najvećem objektu klinker hali. U članku prikazujemo radove na rekonstrukciji klinker hale zbog složenosti projektnog programa uslijed pogonskih, vremenskih i prostornih uvjeta.

## 1. Općenito

Tvornica cementa »Prvoborac« smještena je između Solina i Kaštel-Sućurca. Ograničena je sa juga morem, sa sjevera željezničkom prugom, a s obih strana drugim poduzećima. Tvornica se razvijala na jednom vrlo skučenom prostoru u pravcu sjever-jug, a posljedica toga bila je velika zgusnutost objekata. Ova zgusnutost dovela je do toga da su se elementi pojedinih konstrukcija naročito klinker hale i objekta pripreme sirovine međusobno ispreplitali u toj mjeri da je odvajanje objekata kao i definiranje statičke funkcije pojedinih elemenata znatno kompliciralo projektiranje.

Tvornica »Prvoborac« bila je 1944. god. jako bombardirana, a naročito njen južni dio. U tom području najviše je stradala klinker hala čiji su temelji u južnom dijelu fundirani na pilotima. Zbog poremećenja temljnog tla, za vrijeme kad je klinker hala bila maksimalno punjena, došlo je do velikih deformacija stupova hale. Izbacivanje stupova, a mjestimično i tonjenje bilo je tako veliko da je dizalica u hali zapinjala o gornji dio stupova i uvijek je prijetila opasnost da se hala na oštećenom dijelu sruši. Rušenje hale onegoćulo bi rad mlinice cementa tj. izazvalo bi kompletan prekid produkcije. Unatoč ovakvom stanju tvornica je morala proizvoditi.

Prema tome prvi zadatak bio je izvršenje sanacijele hale u južnom dijelu u toj mjeri da se osigura nesmetan rad dizalica. Projekt ove sanacije obuhvatio je pojačanje južnog dijela hale sa bočnim vezicama od armiranog betona po cijeloj visini stupova, proširenju i nadvišenju kranske staze, popravku krovne konstrukcije i potpornih zidova. Srednji dio hale koji obuhvaća mlinicu cementa i objekte vertikalnih peći nalazio se u vrlo derutnom stanju. Armatura glavnih konstruktivnih dijelova

mjestimično je potpuno korodirala, a zaštitni sloj betona mogao se prstima ljuštiti čak i kod onih elemenata koji su na oko izgledali dobro. Na ovom dijelu mnogi elementi konstrukcije bili su nepristupačni za pregled, koliko radi vezane prašine, karakteristične za ovakovu vrst pogona, toliko i zbog raznih također vezanih materijala preostalih od bombardiranja. Sjeverni dio hale, na kojem su razmješteni objekti pripreme sirovine, novijeg je datuma izgradnje i predstavljao je najbolji dio konstrukcije.

Paralelno sa potrebom sanacije južnog i srednjeg dijela hale pred Upravu tvornice nametnuo se i zadatak povećanja kapaciteta hale.

Povećanje kapaciteta hale bilo je predviđeno produženjem na sjever do trafostanice, produbljenjem unutrašnjeg prostora ispod nul nivoa i sukcesivnom obnovom i povećanjem visina potpornih zidova (sl. 4). S ovim programom otpočeli su radovi na rekonstrukciji 1958. god. Međutim 1959. god. srušio se srednji dio hale nakon jednog jačeg udara vjetra (sl. 1—3). Ovaj događaj stavio je van snage sve radove na predviđenoj rekonstrukciji u svrhu povećanja kapaciteta hale. Nakon više komisijskih pregleda i dogovora zaključeno je da se izvrši generalna rekonstrukcija hale.

Rušenjem srednjeg dijela hale onesposobljena je i jedna dizalica tako da se rad na rekonstruiranju morao prije svega usmjeriti na obnovu rada dizalice. U tu svrhu izrađeni su novi stupovi na zapadu i obnovljena kranska staza. S obzirom na kompleksnost poteškoća o kojima je već bilo govora, kao i zahtjeva da se generalna rekonstrukcija srednjeg i sjevernog dijela izvrši pod pogonom, hala je podijeljena u četiri dijela od kojih svaki dio hale ima svoje specifičnosti (sl. 4). To su tako zvane I, II, III a i III b faze rekonstrukcije. Osim toga trebalo je ostvariti i mogućnost produženja hale prema jugu i to prijelazom preko industrijskog kolosijeka sa fazom IIIc, a izgradnjom IV faze omogućiti novi smještaj korektiva cementa. Ukupna dužina hale iznosi 240 m i predstavlja u tom pogledu najdužu halu u ovakovim pogonima u zemlji.

Sirovina za proizvodnju cementa je prirodna smjesa koja se doprema žičarom u objekt pripreme sirovine. S obzirom na to da bolja kontrola komponenata daje i garantirane standardne kvalitete cementa, to je perspektivnom rekonstrukcijom predviđen postupak homogenizacije sa rasporedom silosa za homogenizaciju i mlinice sirovine, kako je prikazano u situaciji (sl. 4).



*Sl. 1: Pogled na urušeni dio hale sa zapadne strane*



*Sl. 2: Armatura stupa nakon skliznuća*

Prema tome rekonstrukciju klinker hale čine radovi na izgradnji faza rekonstrukcija I—IV zatim radovi na obnovi bunkera mlinice cementa i novi bunkeri mlinice sirovine.

Osnovni zadatak kod projektiranja konstrukcije sastojao se u tome da se postojeća kranska staza

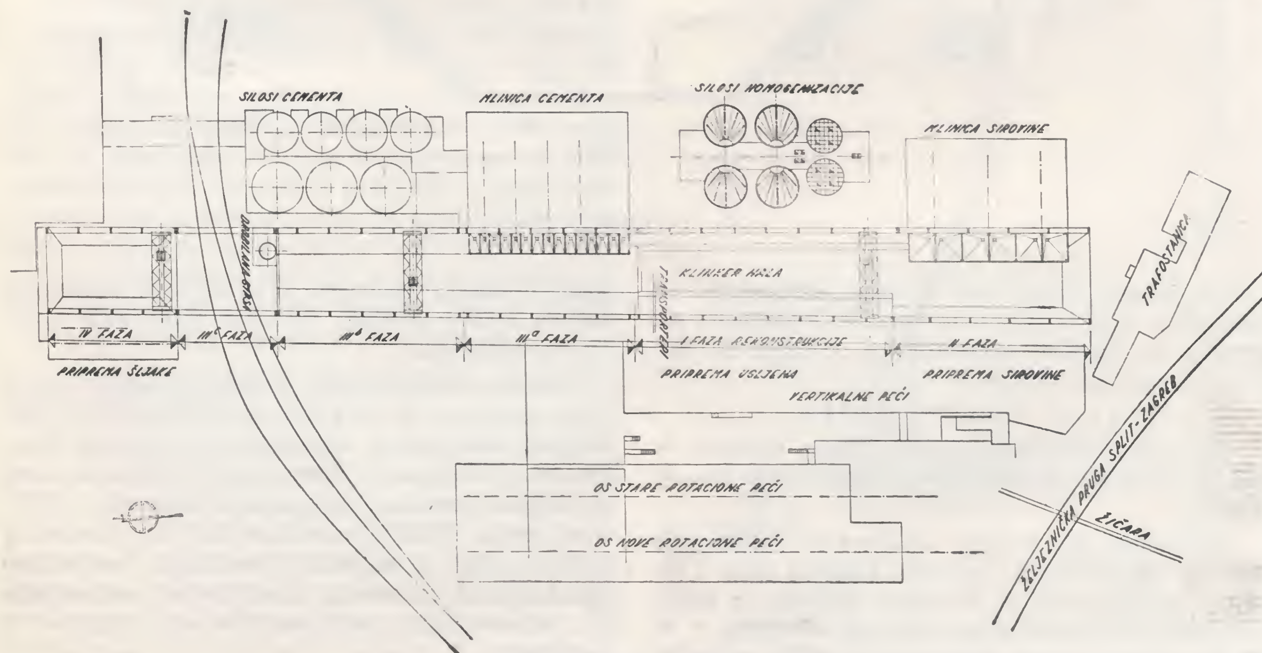


*Sl. 3: Pogled odozgo na urušeni dio hale*

održi u upotrebi dok se ne izgradi nova krovna konstrukcija i da prekid rada dizalica pri izradi nove kranske staze bude što manji, a izrada ostalih građevinskih radova provede tako da ostali pogon radi nesmetano. Trebalo je po mogućnosti koristiti što više postojećih građevinskih elemenata za novu halu. Zato je u početnoj fazi bilo predviđeno da se nekoliko stupova na sjevernoj strani uklopi u sastav nove hale. Međutim na srušenom dijelu hale uočeno je da su stupovi nepravilno konstruirani, a armatura mjestimično jako korodirala pa se ta bojazan protegnula i na cijelu halu. Osim toga bi se morali stupovi pojačati radi povišenja potpornog zida. Iz ovih je razloga zaključeno da se kod rekonstrukcije sjevernog dijela stupovi stare hale zamjene novim stupovima. Također je bilo predviđeno da se stupovi u sastavnom dijelu bunkera mlinice cementa zadrže jer bi opsežnija rekonstrukcija i na ovom mjestu imala za posljedicu obustavu pogona na duže vrijeme. Nakon opsežnih studija i dogovora usvojen je osnovni profil nove hale kao na skici 7, time da se po potrebi modificira prema raspoloživom prostoru u poprečnom smjeru protezanja hale. Ustvari ovaj profil nije ostvaren nigdje kao simetričan. Hala je na cijeloj dužini I—IIIb faze rekonstrukcije nesimetrična u poprečnom presjeku, a sastavljena je prema osnovnom profilu i profilima prema slikama 6, 7 i 8.

Visina kranske staze nove hale nalazi se na istoj koti kao i kod stare kranske staze. Nova krovna konstrukcija nadvišena je onoj od stare hale, radi povećanja razmaka od podesta dizalica do donjeg pojasa dijafragmi. S obzirom na to da su stupovi postojeće hale izvedeni sa modulom, koji je varirao od 6,00—7,5 m, predviđeno je da se kao osnovni modul stupova hale odabere 7,5 m. Dimenzije gornjeg dijela stupova hale iznose 40/50 cm, a donjeg dijela 40/130 cm. Visina punjenja povećana je od kote + 8,0 m na kotu + 13,0 m (sl. 5).

Temeljno tlo je čvrsti lapor u nagibu od sjevera prema jugu. Pad nosivog sloja definiran je na sjevernoj strani kotom — 0,50, a na jugu — na području IV faze rekonstrukcije — kotom — 10,0 m.



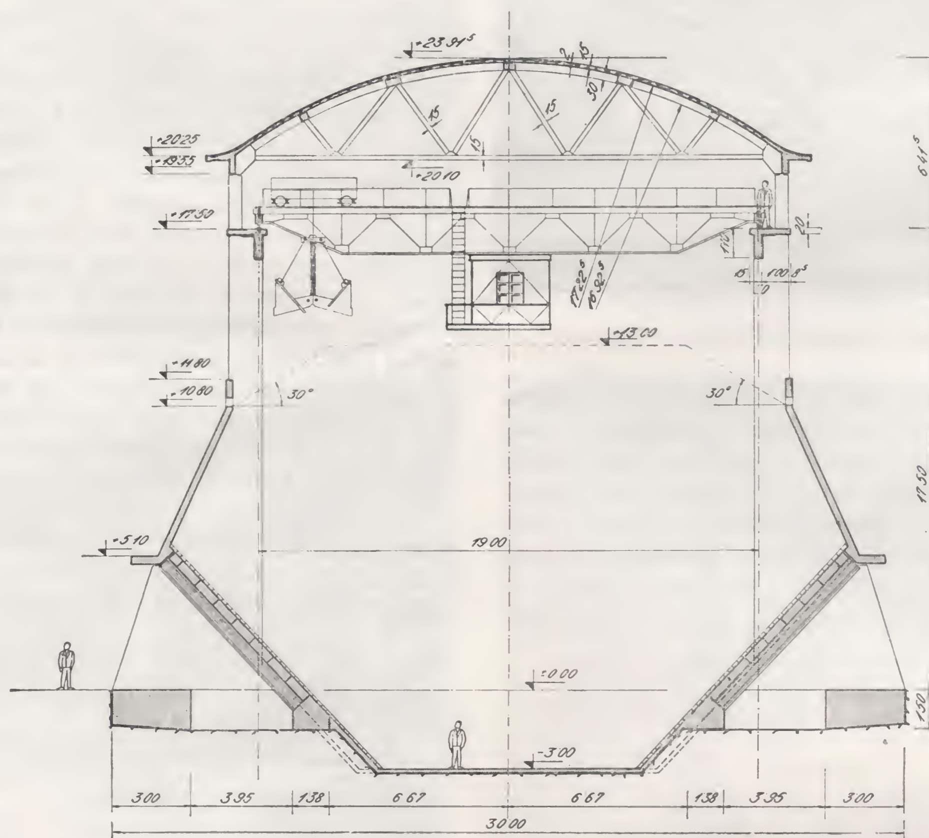

*Sl. 4: Situacija*

**2. Prva faza rekonstrukcije**

I. Faza rekonstrukcije obuhvaća srednji dio hale od bunkera mlinice cementa do završetka vertikalnih peći s ukupno 8 raspona po 7,5 m. Poprečni presjek je nesimetričan i to na zapadnoj strani kao u osnovnom profilu, a na istočnoj strani prema slici 6.

Budući je na ovom potezu razmak postojećih stupova iznosio od 7,00 — 7,50 m, pomaknuli smo stupove nove hale za 1.88 m u odnosu na stare stupove radi omogućenja izgradnje cijele hale kao što je naprijed u okviru projektnog programa napomenuto.

elementi visine 15 cm, a širine 40 cm sa međuprostorima koje nakon završene montaže treba popuniti sa betonom. Na jedan raspon dolaze tri gredice duljine 229 cm spojene međusobno poprečnim rebrima (sl. 13). S obzirom da je skela za montažu krovne konstrukcije bila postavljena samo nad jednim poljem, bilo je potrebno tako graditi da se omogući djelovanje ljuske svakog polja prije nego što je izveden spoj sa susjednim poljem. To se je postiglo na taj način da se prostor nad lukom pregradio na dva dijela, a armatura postavljenih gredica djelomično zabetonirala nad lukom s vilicama. Vilice su razmještene po površini



*Sl. 5: Tipski profil*

Na južnoj strani ova se faza priključuje na fazu III a, a na sjeveru na fazu II. Priključak na sjeveru je izveden ekscentrično o čemu će biti govora u okviru stavke 3.

2. 1. K r o v n a k o n s t r u k c i j a

Krovnu konstrukciju tvori ljuska sistema dr ing. O. Werner sa montažnim elementima ing. J. Ferić.

Rešetkaste dijafragme udaljene su međusobno 7,50 m, koliko iznosi i razmak stupova hale. Ljuska se oslanja svojim završnim dijelom na rubni elemenat. Visina rubnog elementa određena je sa 70 cm. Ljusku tvore armirano betonski montažni

luka, a imaju funkciju preuzimanja posmičnih sila od ljuske odnosno funkciju osiguranja spoja ljuska-dijafragma.

Rešetkasta dijafragma je polumontažna. Gornji pojas sastavljen je od 6 elemenata dimenzije 30/30, spojenih međusobno armaturom na preklop ispuštenom iz elemenata. Istom spoju priključuju se i prethodno izvedene dijagonale dimenzija 15/15. Donji pojas 15/30 je monolitan koji se betonira na skeli u oplati od betonskih montažnih korita. Dužine korita su takove da je polaganje i prehvatanje što jednostavnije radi predviđenog poligonalnog nadvišenja.

Krovna konstrukcija spojena je zglobno sa stupovima. Akcija krovišta prolazi približno sredinom zgloba. Rešetkasta dijafragma postavljena je prije betoniranja donjeg pojasa i čvorova u nadvišeni položaj. Nadvišenje je raspoređeno po paraboli drugog stupnja.

Geometrijski podaci i izgled krovne konstrukcije prikazan je u slici 9.

2. 2. Stupovi

Stupovi su promjenljivih dimenzija i dužina. U poprečnom presjeku širina svih stupova iznosi 40 cm, a visina si mijenja. Na gornjem dijelu iznad kranske staze iznosi 50, uz kransku stazu 100, a na donjem dijelu 130 cm. U uzdužnom smjeru stupovi su stabilizirani približno na koti 10,50 i to na zapadnoj strani vertikalnom pločom poliedarske ljuske, a na istočnoj strani gredom za ukrućenje. Stupovi su zglobno spojeni sa kranskom stazom, a bočne udare krana preuzimaju preko željeza ubetoniranih u horizontalnu ploču kranske staze.

2. 3. Kranska staza

Kranska staza je oblikovana na uobičajeni način. Vertikalni dio ima korisnu visinu 110, a širinu 30 cm. Horizontalni dio je dimenzija 150/20.

Visinski položaj kranske staze određen je tako, da se gornja lica nove i stare kranske staze nalaze na istoj visini tj. na 17,50 m. Vertikalno opterećenje prenosi kranska staza preko zgloba, a bočne udare preko ubetoniranih željeza prethodno smještenih u cijevi od juvidura. Izradi kranske staze pristupilo se je nakon završetka gradnje krovišta u tri etape. Najprije su srušena vanjska tri polja postojeće kranske staze i izbetonirana nova staza na tom mjestu. Kao druga etapa bila su srednja dva polja, a treću etapu sačinjavala su preostala 5 polja.

2. 4. Donji dio hale i potporni zidovi

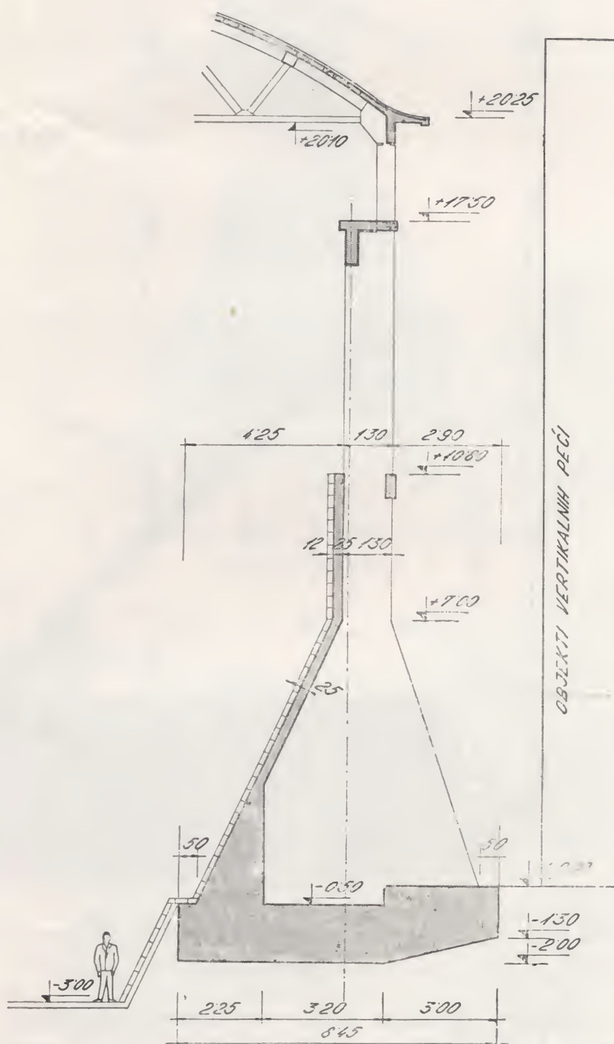
Donji dio hale na zapadnoj strani tvori potporni zid koji se sastoji iz dva dijela: gornji dio čini ljuska, a donji dio svodovi (sl. 10) Dok ljuska prelazi raspon od stupa do stupa kontinuirano, svodovi se ponavljaju na svakih 3,75 m pa su zbog oslanjanja na tim mjestima predviđena međurebra. Ljuska je na mjestu stupova hale spojena sa proširenim dijelom stupa u jednu cjelinu. Na donjem dijelu je oblikovana tako da se što povoljnije priključi na svodove, a time ujedno i lakše smjesti armatura za vezu između ploča složenice.

Svodovi su izrađeni kao montažni. Dimenzije elemenata prikazane su na sl. 10.

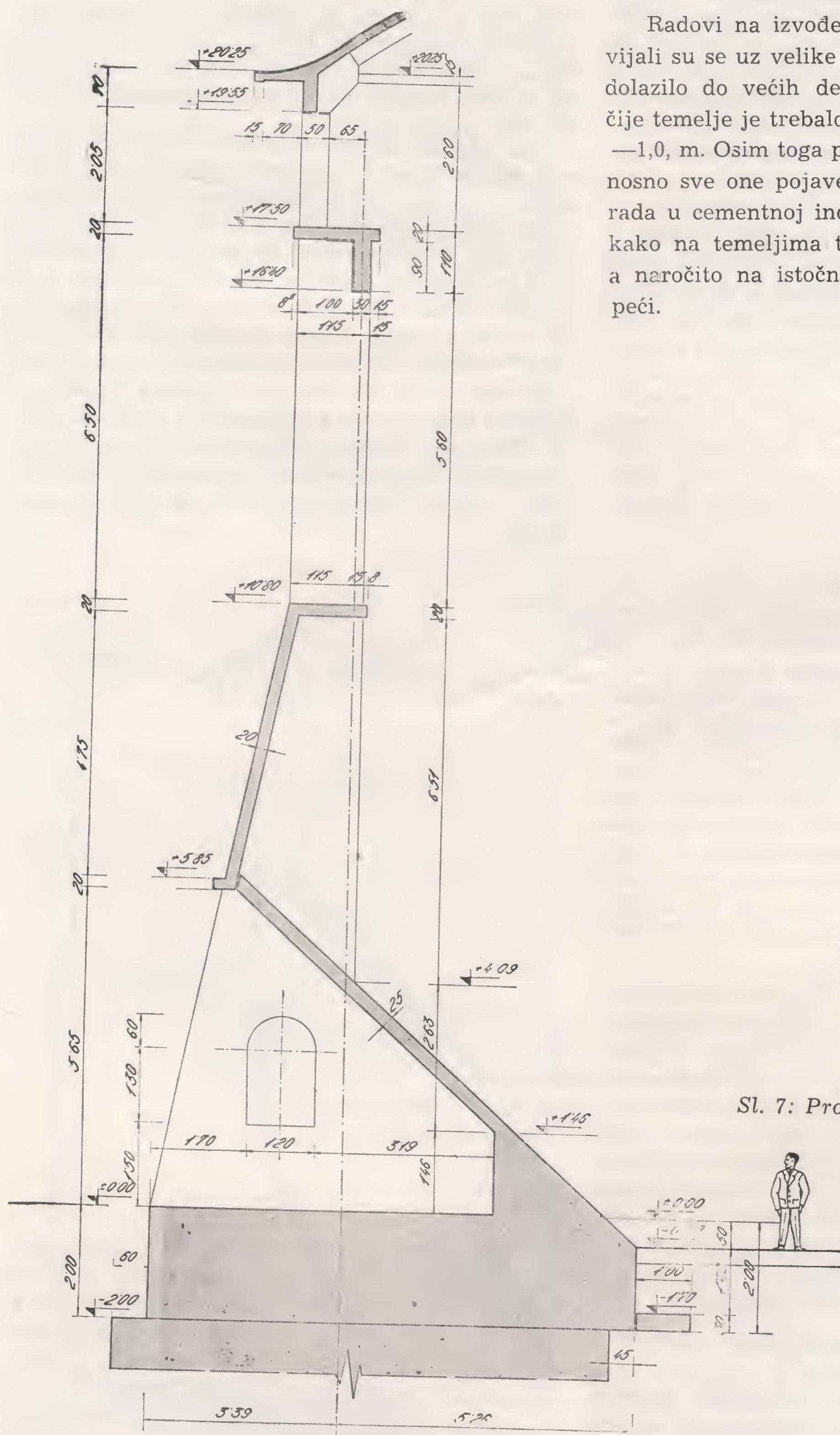
Proračun potpornog zida je proveden uz pretpostavku jednolike raspodjele opterećenja na sve svodove jer ne postoji mogućnost da se samo pojedini svodovi maksimalno opterete, a susjedni da ostaju bez opterećenja. Razlike u horizontalnim silama preuzet će stupovi i horizontalni dio ljuske a na krajevima hale zatege koje odgovarajući dio horizontalne sile prenose u temelje.

Temelj potpornog zida je spojen s trakom širine 3.00 m. Traka se naslanja na vanjsko lice prethodno odsječenih temelja stupova postojeće hale, a između njih prolaze poprečne trake tako da svojom masom ne zalaze u postojeće temelje (sl. 11).

Na istočnoj strani oblik potpornog zida diktirali su skučenost i mogućnost gradnje za vrijeme pogona. Položaj rebara određen je tako da se jedno rebro poklopi s postojećim stupom. Ovo rebro ima širinu 70, a ostala rebra 40 cm. Ploča potpornog zida je na mjestu glavnih stupova dilatirana, a na ostalim rebrima tvori sa njima jednu cjelinu. Da bi se ploča mogla izvesti neovisno od postojećih stupova, gornji dio ploče predvidjeli smo vertikalnim. Na dijelu uz elevator klinkera izrađen je masivni potporni zid, a svi postojeći elementi zabetonirani u zid. Ovakvo rješenje došlo je kao posljedica razmještaja elevatora i transportera klinkera, kao i izvanredno teških uvjeta za rad na tome mjestu.




*Sl. 6: Profil hale na istočnoj strani uz vertikalne peći*




*Sl. 7: Profil hale na južnom dijelu*

2. 5. Izvedba

Radovi na izvođenju I faze rekonstrukcije odvijali su se uz velike teškoće. Tako je mjestimično dolazilo do većih deformacija postojećih stupova čije temelje je trebalo potkopati za približno 0,75—1,0, m. Osim toga prašina i buka kompresora, odnosno sve one pojave koje su karakteristične kod rada u cementnoj industriji, usporavale su radove kako na temeljima tako i kod izrade cijele hale, a naročito na istočnoj strani u području visokih peći.

Nakon izgradnje stupova srušena je stara krovna konstrukcija i pristupljeno je izradi nove krovne konstrukcije. Za izradu krovne konstrukcije poslužio je most jedne dizalice na koji je bila postavljena potrebna skela. Nakon dovršenja krovne konstrukcije srušena je postojeća kranska staza na način kako je opisano pod tačkom 2. 3.

### 3. Druga faza rekonstrukcije

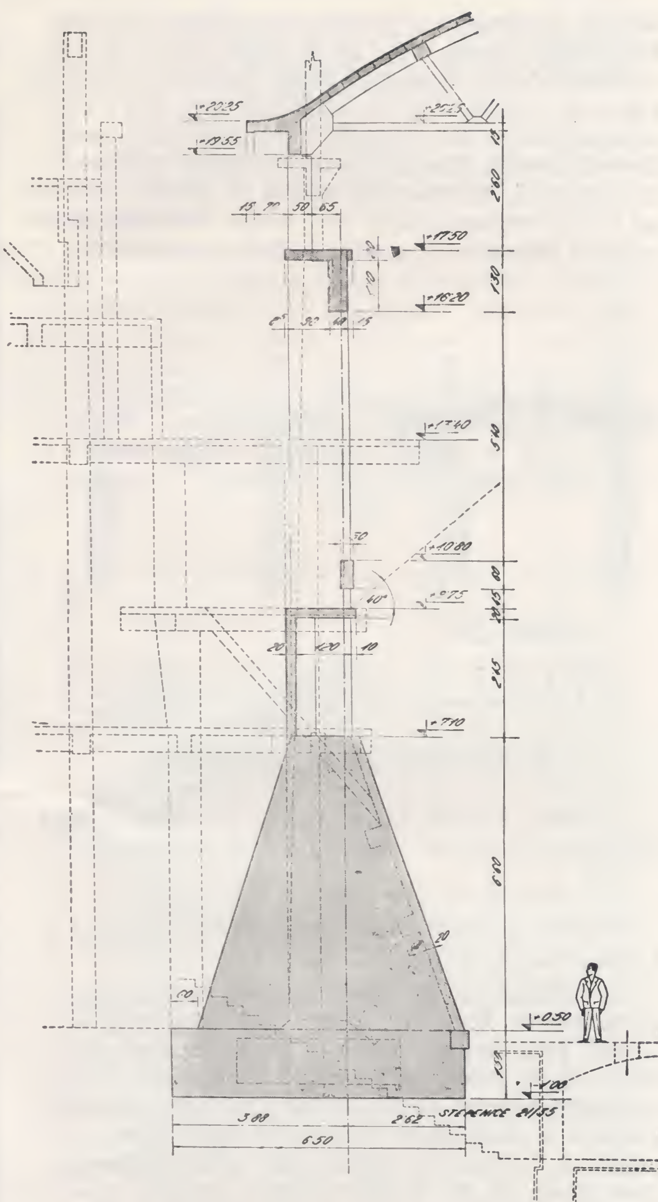
Druga faza rekonstrukcije obuhvaća sjeverni dio klinker hale i bunker mlinice sirovine. Poprečni presjek hale je nesimetričan u svom donjem dijelu. Na istočnoj strani prikazan je u sl. 8, a na zapadnoj strani u slici 5, 18. i 19. U području ove faze klinker hala i objekt pripreme sirovine povezani su međusobno takorekuć u jednu cjelinu. Na terasama, koje povezuju halu i objekt pripreme sirovine (sl. 8), razmješteni su teški strojevi i transporteri, a u gornjem dijelu i pruga za kretanje vagoneta za sirovinu. Razmak stupova uvjetovao je i položaj mlinova mlinice sirovina. Odabrali smo razmake stupova od 9,0 m.

Prigodom projektiranja I faze bilo je predviđeno da će transporterski prostor, a time i postojeći tunel na području II faze rekonstrukcije biti stavljen van upotrebe, pa je posljednji stup I faze bio predviđen u transporterskom prostoru. Međutim, Uprava tvornice je naknadno zaključila zadržati tunel u upotrebi.

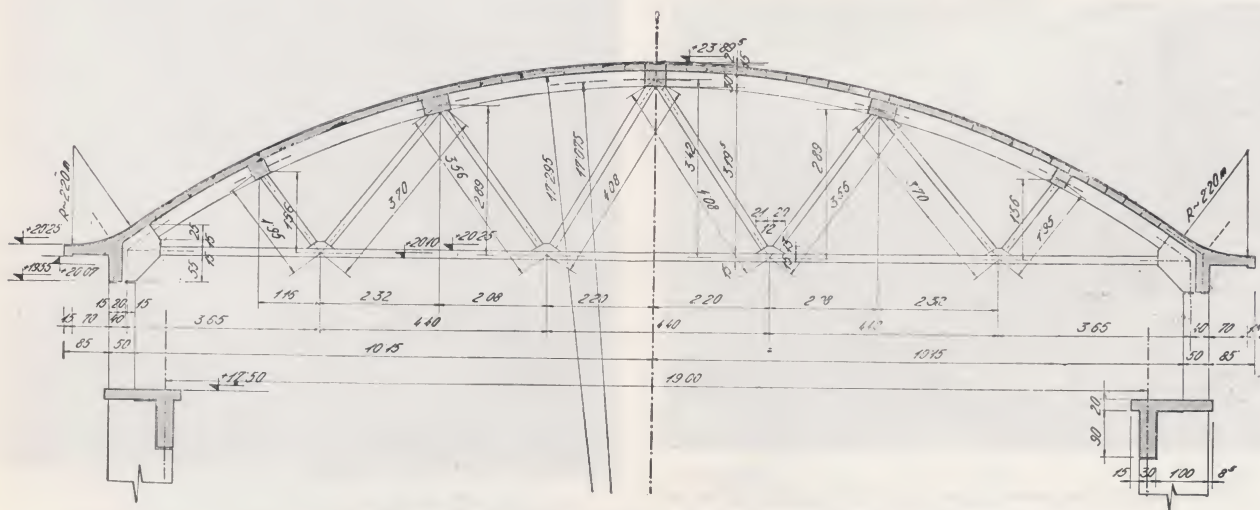
Zbog toga bilo je potrebno promijeniti završetak hale I faze rekonstrukcije shodno novim uvjetima. Premoštenje transporterskog prostora izvršeno je pomicanjem krajnjih stupova na istočnoj strani van transporterskog prostora, tako da su granični rasponi II faze sa I fazom rekonstrukcije nejednaki. (sl. 15). Međutim ova promjena izvršena je samo ispod kranske staze tako da je krovna konstrukcija I faze u uzdužnom smjeru ostala s istim modulom kao što je prvobitno bilo projektirano. Tako smo omogućili da se krovna konstrukcija izvede u obliku ljuske u sličnoj maniri kao i kod ostalih faza. Ekscentrični prijenos opterećenja na stupove izvršen je s posebnim uzdužnim nosačem smještenim između stupova nove hale (sl. 15).

#### 3. 1. Krovna konstrukcija

Rasponi između dijafragmi krovne konstrukcije računajući od I faze rekonstrukcije na sjever, iznose 6,67 + 4 × 9,00 m. S obzirom na povećani

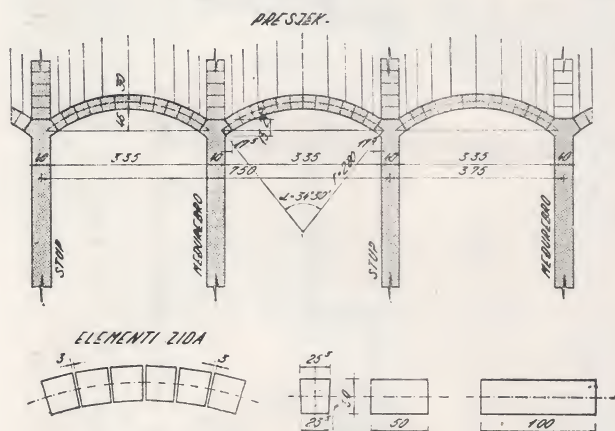


*Sl. 8: Profil hale na sjevernom dijelu (istočna strana)*



*Sl. 9: Poprečni presjek krovne konstrukcije*

razmak dijafragmi sjevernih polja promijenili smo tip izvedbe ljuske tako da se svako polje od 9,00 m sastoji od tri montažna rebra. Srednja montažna rebra ne razlikuju se po obliku od onih kod I faze rekonstrukcije dok vanjska montažna rebra imaju kose pregrade. Shema elemenata ljuske prikazana je u slici 16, a dimenzije u slici 17. Krajnje polje uz I fazu rekonstrukcije ima svega dva montažna rebra s okomitim poprečnim dijafragmama.




*Sl. 10: Donji dio potpornog zida*

Izvedba krovne konstrukcije na ovom mjestu analogna je onoj sa područja I faze rekonstrukcije.

3. 2. Stupovi

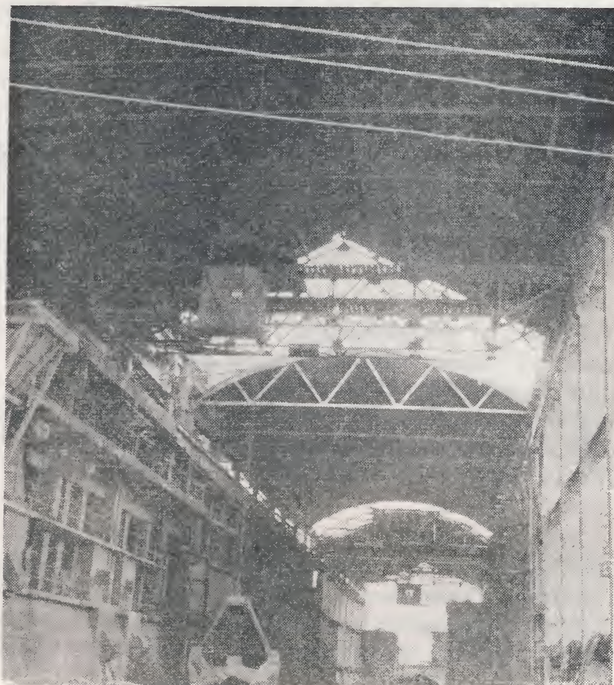
Stupovi po poprečnom presjeku isti su kao i u I fazi rekonstrukcije.

S obzirom na mnogo elemenata koji se isprepliću između kote 0,0 i 6,95, a koji nose strojeve i objekt pripreme sirovine, kao i s obzirom na to da je kosa ploča na području ovoga zida bila u relativno dobrom stanju, predvidjeli smo podnožja stupova u masivnom potpornom zidu kojem kao oplata s unutarnje strane hale služi spomenuta kosa ploča (sl. 8). Srednji stupovi zapadne strane



*Sl. 11: Položaj stupova stare hale u odnosu na nove temelje*

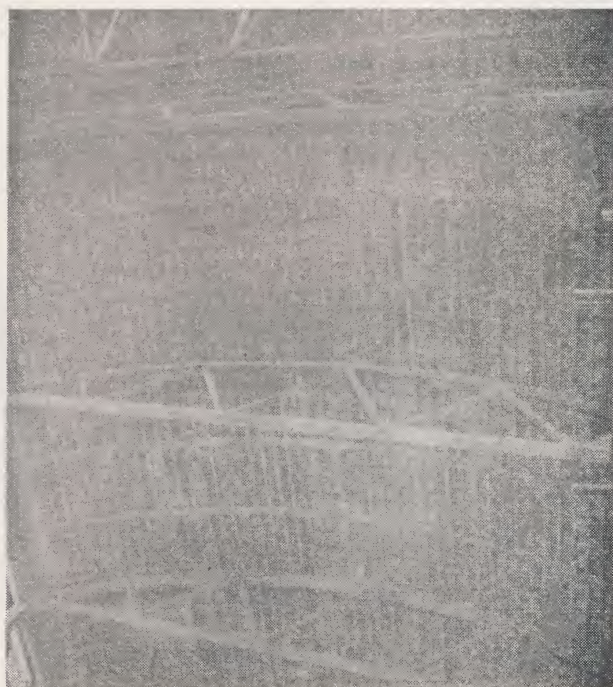
izlaze iz bunkera i predstavljaju sastavni dio bunkera.



*Sl. 12: Krovna konstrukcija I faze rekonstrukcije*

3. 3. Zabatni zid

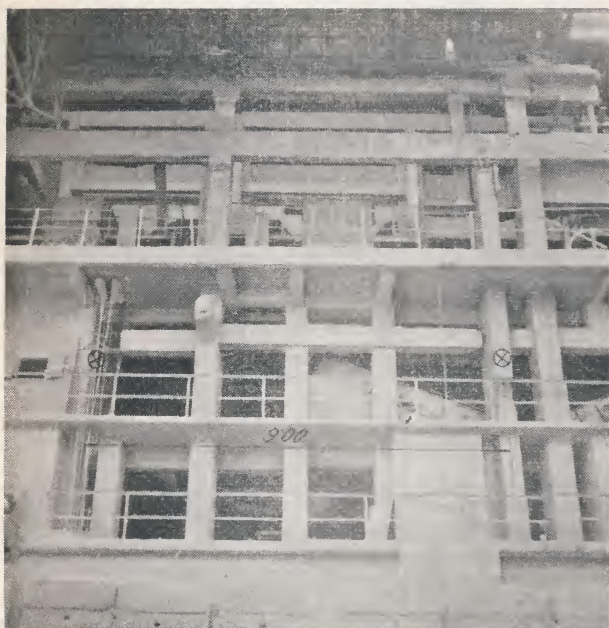
Klinker halu sa sjeverne strane ograđuje zabatni zid (sl. 13). Donji dio zida tvore rebra sa svodovima, a gornji dio vertikalna ploča koja obuhvaća zabatne stupove.



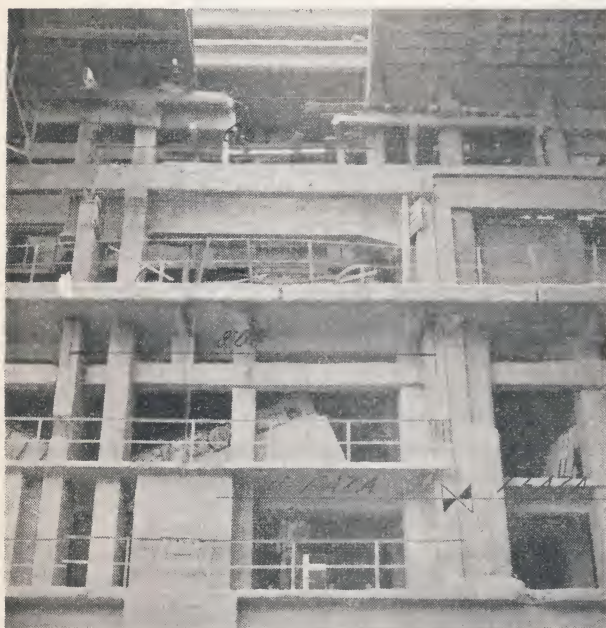
*Sl. 13: Detalj nove krovne konstrukcije*

3.4. Kranska staza

Kranska staza je zglobno spojena sa stupovima na sličan način kao i kod ostalih faza rekonstrukcije. S obzirom na povećani raspon povećali smo visinu kranske staze na 130 cm, a širinu na 40 cm i to tako da vanjsko lice kranskih staza I i II faze rekonstrukcije bude u jednoj ravnini. Veza kranske staze sa stupovima u horizontalnom smjeru je analogna onoj kao kod I faze rekonstrukcije, jedino su ovdje pojačani priključni profili.




*Sl. 14: Položaj novih stupova hale u području II faze rekonstrukcije*



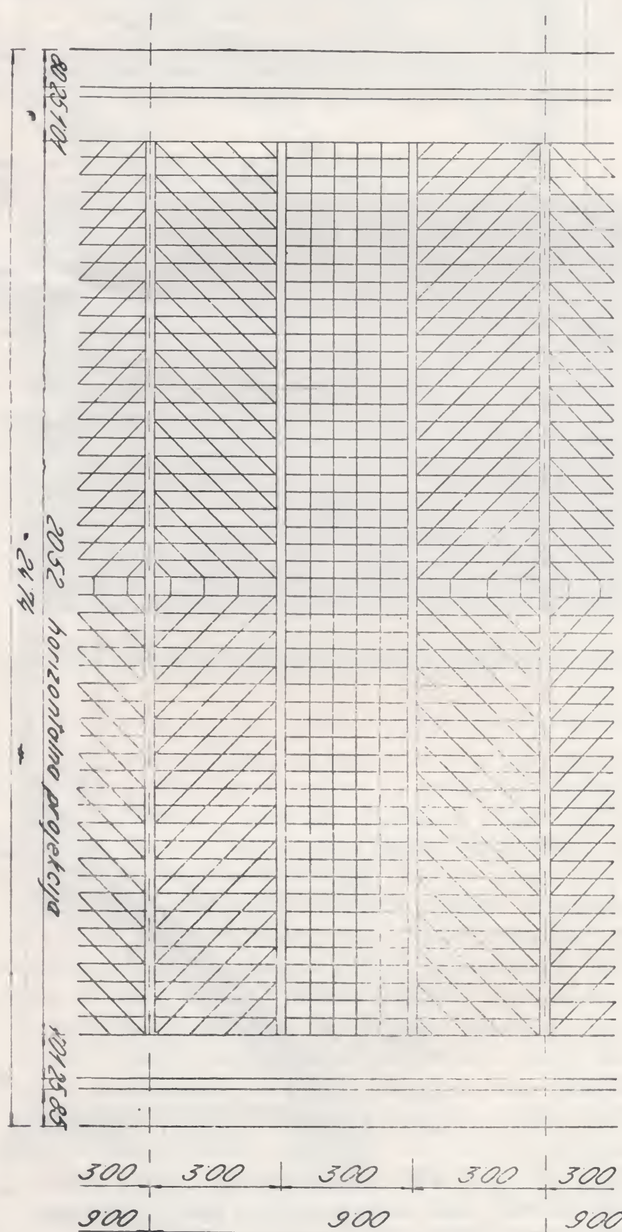
*Sl. 15: Detalj veze I i II faze rekonstrukcije na istočnoj strani*

I ovdje se kranska staza izvodi nakon završene izgradnje krovne konstrukcije i rušenja postojeće kranske staze i to u jednom naletu.

3.5. Bunkeri mlinice sirovine

Projektni program za bunkere bazirao se također na zahtjevu da se izgradnja provede bez smetnji za pogon.

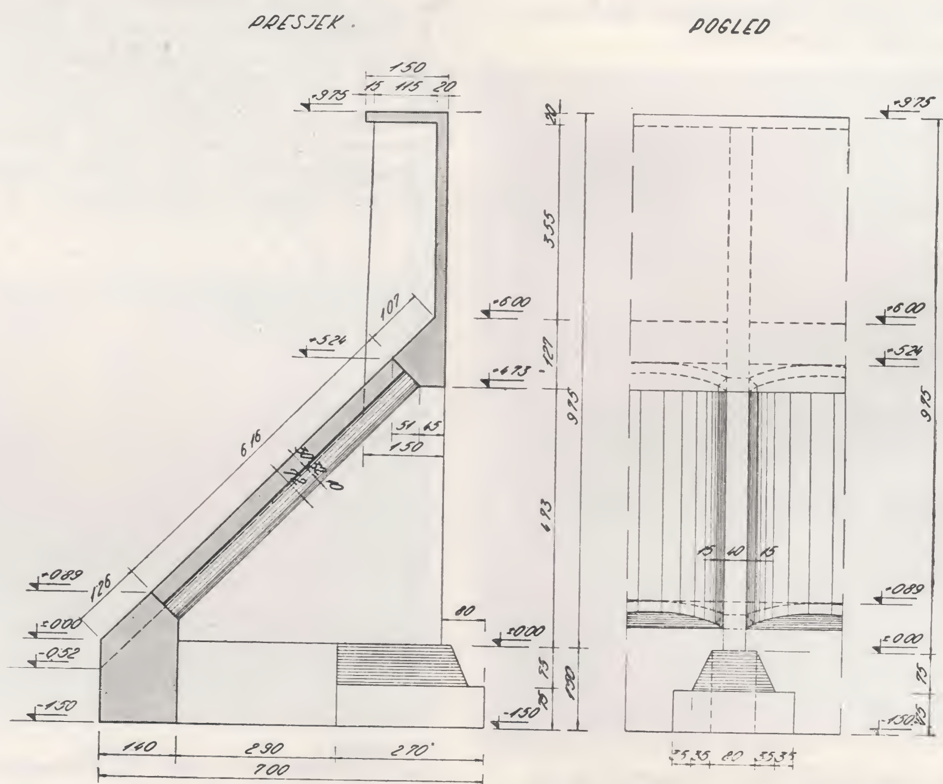
Razmak stupova hale u području bunkera iznosi 9,0 m, a ćelije bunkera imaju u uzdužnom smjeru pregradne stijene na 6,0 m. Ovakav raspored pregradnih stijena u odnosu na stupove diktirali su razmaci od mlinova mlinice cementa o čemu je već bilo naprijed govora. Bunkeri su spojeni sa stupovima hale u jednu cjelinu, a potpuno su odvojeni od objekta mlinice cementa. Bunker je u poprečnom smjeru rastavljen na dva dijela koji su




*Sl. 16: Razvijena shema elemenata ljuske*

900/2
VANJSKA TREĆINA
1/2 SREDNJE TREĆINE
SIMETRALA

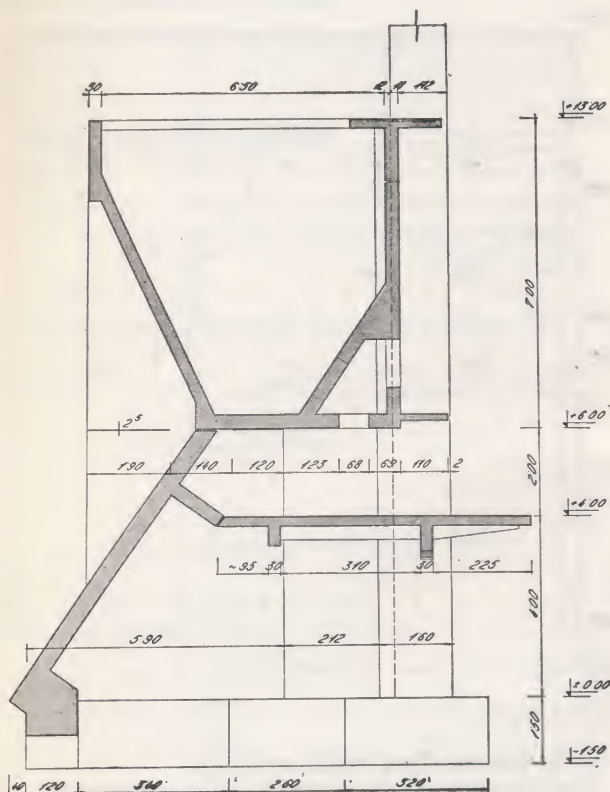
*Sl. 17: Raspored elemenata ljuske*




*Sl. 18: Detalji zabatnog zida*

međusobno zglobno povezani. Gornji dio sastavljen je iz niza ploča spojenih dijafragmama. Kod proračuna je ovaj sklop tretiran kao prostorni sistem.

Položaj temelja bunkera dolazio je u koliziju sa postojećim temeljima hale i nakon što su ovi temelji odrezani na minimalnu dimenziju. Da bi se opterećenje gornjeg dijela moglo prenijeti na površine, koje su nam stajale na raspolaganju izvan minimalne površine temelja stupova, predvidjeli smo zglobnu vezu sa gornjim dijelom bunkera.



*Sl. 19: Poprečni presjek bunkera mlinice sirovine*

Ovakvim dirigiranjem sila bilo je moguće izvesti temelje na cijeloj dužini bunkera. Na pojedinim mjestima bilo je potrebno nove temelje raščlaniti i postojeće stupove privremeno prihvatiti gredama da bi na taj način omogućili izvedbu novih temelja (sl. 20).

Radovi na realizaciji ove faze sada su u toku.

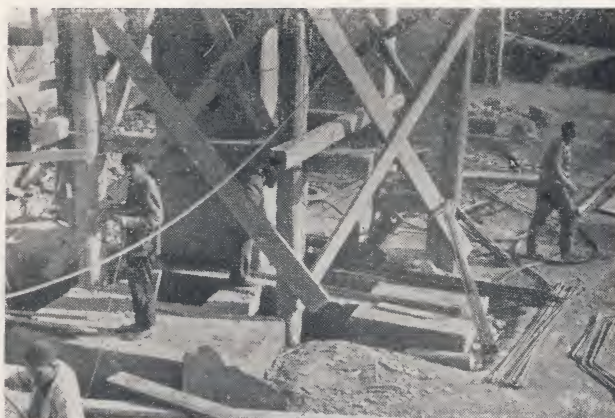
**4. Treća faza rekonstrukcija**

Treća faza rekonstrukcije podijeljena je na dijelove a, b, i c koji su međusobno odvojeni dilatacijama. Svaki dio za sebe predstavlja jednu specifičnu cjelinu. Ova faza obuhvaća dio klinker hale gdje su razmješteni bunkeri mlinice cementa (a), područje silosa cementa (b) i prijelaz preko kolosijeka (c). Na području III faze počinje osjetnije spuštanje nosivog tla. Na najjužnijoj tački III b faze rekonstrukcije nosivi sloj se nalazi na dubini od 3,0 m ispod temeljne ploče.

I na ovom potezu bilo je zahtijevano da se zadrži visina punjenja kao i u području hale na sjeveru. Varijanta temeljenja na pilotima je otpala zbog velikog horizontalnog opterećenja klinkerom. Osim toga su i temelji silosa ograničavali raspoloživu površinu za temelje hale na zapadnoj strani. Nakon promatranja niza varijanti odlučili smo da izvedemo temeljnu ploču na podsloju betona »T« presjeka.

Krovna konstrukcija na području treće faze predviđena je po dimenzijama i obliku kao kod prve faze rekonstrukcije time da je na mjestu spojeva međufaza dilatirana. Kranska staza po dimenzijama odgovara onoj kod prve faze.

S obzirom na to da će realizacija faza IIIa i IIIb uslijediti nakon rušenja postojeće hale i to u području IIIa faze na istočnoj strani, a u području IIIb na obje strane. Izradu kranske staze predvidjeli smo prije izgradnje krovne konstrukcije jer će na ovim potezima nova kranska staza preuzeti istu ulogu kod izgradnje krovišta koju je imala stara kranska staza na području I i II faze rekonstrukcije.



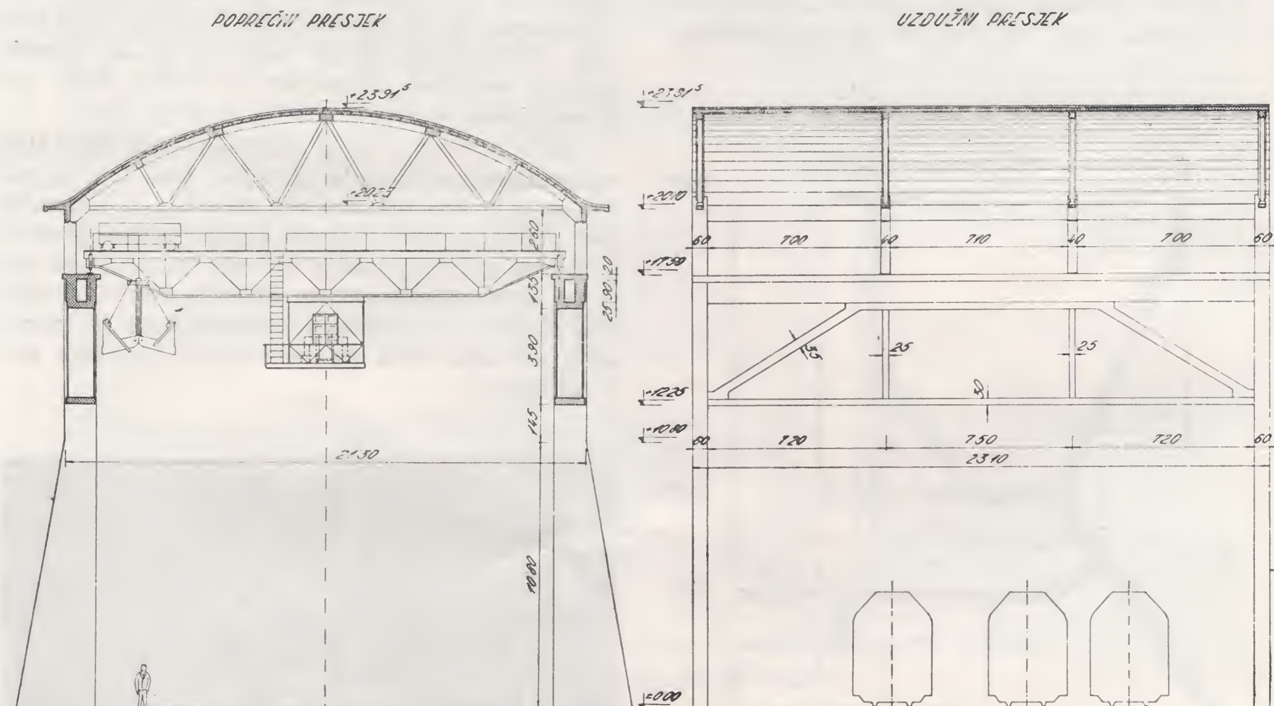
*Sl. 20: Roštilj za zamjenu temelja stupa stare hale*

4. 1. Treća »a« faza rekonstrukcije

Kod razrade glavnog projekta ove faze glavni zadatak je bio da se sačuvaju postojeći bunkeri mlinice cementa. Međutim stanje u kojem su se nalazili bunkeri bilo je vrlo teško. Mjestimično je beton bio potpuno odstranjen i to na većim površinama tako da je bila vidljiva uložena armatura u stijene bunkera. Osim toga stupovi hale koji su sastavni dijelovi bunkera bili su zahvaćeni korozijom u većoj mjeri. Rušenje bunkera nije dolazilo u obzir pa je odlučeno da bunkere pojačamo i na mjestu starih stupova izgradimo nove. Oblik stupova na zapadnoj strani bio je uvjetovan tipskim profilom krovne konstrukcije za cijelu klinker halu i gabaritom dizalice u mlinici cementa. Zbog ovih razloga profil zapadne strane hale dobio je oblik prema sl. 21. Za istočnu stranu hale izradili smo dvije varijante i to sa punim zidom i sa zidom prema slici 6.

4. 2. Treća »b« faza rekonstrukcije

Na ovom dijelu klinker hala ima simetrični poprečni presjek. Na južnoj strani završava ova faza sa zabatnim zidom. Potporne zidove na obje strane tvori sistem ploča koje su na koti + 6,0 međusobno odvojene. Gornji dio zida je monolitno spojen sa stupom hale, dok je donji dio, koji preuzima znatno veća opterećenja, priključen tako da je omogućemo dilatiranje. U južnom dijelu istočne strane uz halu smješteni su novi čelični bunkeri ugljena s izlijevima za transporter koji je smješten u otvorima stupova hale.




*Sl. 21: Zapadna strana hale u području IIIa faze rekonstrukcije*

4. 3. Treća »c« faza rekonstrukcije

Ova faza predstavlja konstrukciju prelaza preko industrijskih kolosijeka i potpuno je novi objekt. Opterećenje srednjeg dijela krovne konstrukcije i dizalice prenosi se na razuporni nosač koji je projektiran kao kazeta. Oblik stupova odabran je radi kontinuiteta, kao na području prethodne IIIb faze.

Temeljenje južnih stupova predviđeno je na pilotima 7—8 m dužine, dok su sjeverni stupovi fundirani na zajedničkim temeljima sa IIIb fazom rekonstrukcije.

**5. Četvrta faza rekonstrukcije**

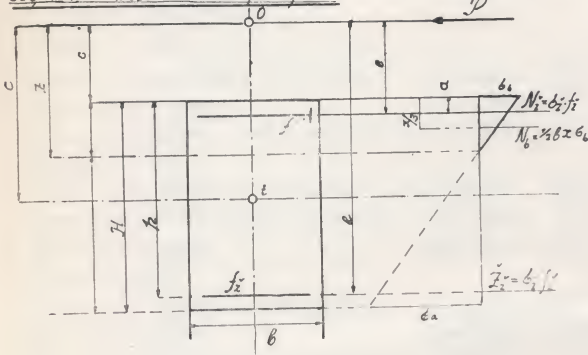
Najjužniji dio hale ili tako zvana IV faza rekonstrukcije predviđena je za uskladištenje dodataka. Temeljno tlo na području ove faze leži na dubini od 8—10 m i fundiranje je predviđeno na pilotima. Zbog slabog nosivog tla predviđeni su od hale neovisni potporni zidovi visine 6,0 m koji opasuju ovu fazu i sa zabatnih strana tvoreći na taj način zatvorenu cjelinu. Ova faza je potpuno novi objekt.

# NAPONI U NESIMETRIČNO ARMIRANIM BETONSKIM PRESJECIMA KOJI SU IZLOŽENI DJELOVANJU EKSCENTRIČNIH SILA

**Bruno Tartaglija**, Sarajevo

Obrasci koji su izvedeni treba da uproste jednadžbe trećeg stupnja na oblik odgovarajući Cardanovoj (kanonskoj) formuli.

*Hvatište sile izvan presjeka*



*Uslovi ravnoteže za obrtanje oko tačke O*

$$\tfrac{1}{2} b x \sigma_b (c' + x/3) + \sigma_z'' f_z'' e' - \sigma_z' f_z' e = 0 \qquad (1)$$

$$\begin{cases} \sigma_z'' = n \cdot \sigma_b \dfrac{x-a}{x} \\ \sigma_z' = n \sigma_b \dfrac{H-x}{x} \end{cases} \qquad (2)$$

$$x^3 + 3c'x^2 + \frac{6n}{b}(f_z'' e' + f_z' e)x - \frac{6n}{b}(f_z'' a e' + f_z' H e) = 0 \qquad (3)$$

Za simetričnu armaturu $f = f$ je:

$$x^3 + 3c'x^2 + \frac{6nf}{b}(e + e')x - \frac{6nf}{b}(ae' + He) = 0 \qquad (4)$$

$H = e - c'$, $a = e' - c'$; i dalje za

$$x^3 + 3c'x^2 + \left[3c'^2 + \frac{6nf}{b}(e + e') - 3c'^2\right]x - \frac{6nf}{b}\left[(e^2 + e'^2) - c'(e + e')\right] = 0$$

Doda li se ovoj jednadžbi

$$c'^3 - 3c'^3 + 2c'^3 = 0$$

Dobija se sređivanjem jednadžba:

$$(x + c')^3 + \left[\frac{6nf}{b}(e + e') - 3c'^2\right](x + c') - \frac{6nf}{b}(e'^2 + e^2) + 2c'^3 = 0 \qquad (5)$$

$z = x + c'$ prema slici

$$p = \frac{6nf}{b}(e + e') - 3c'^2$$

$$q = +\left[\frac{6nf}{b}(e^2 + e'^2) - 2c'^3\right]$$

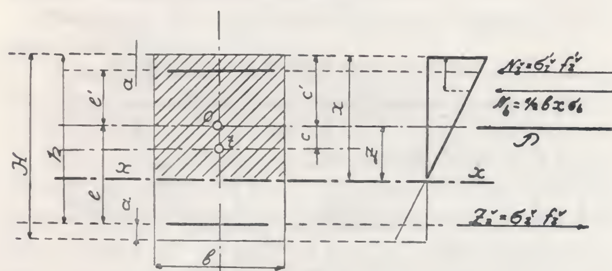
dobiva se definitivna jednadžba

$$\underline{z^3 + pz = q} \qquad (6)$$

Sl. 1

Obrasci su izvedeni na taj način da se momenat vanjske sile isključio tim što se je hvatište te sile, odnosno rezultanta nekoliko sila, uzelo kao centar momenata okretanja unutarnjih sila i to sa svrhom da se isključi kvadratni član kubne jednadžbe.

*Hvatište sile nalazi se u presjeku*



*Uslovi ravnoteže za obrtanje oko tačke O*

$$\tfrac{1}{2} b x \cdot \sigma_b (x/3 - c') + \sigma_z'' f_z'' \cdot (-e') - \sigma_z' \cdot f_z' \cdot e = 0 \qquad (7)$$

$$(x - c')^3 + \left[\frac{6nf}{b}(e - e') - 3c'^2\right](x - c') - \frac{6nf}{b}(e^2 + e'^2) - 2c'^3 = 0 \qquad (8)$$

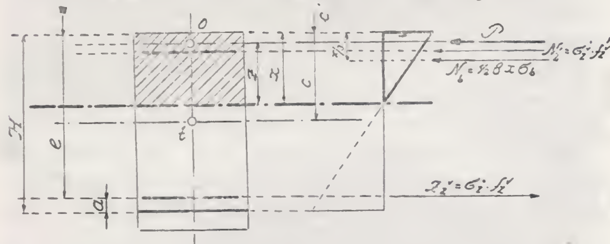
$$p = \frac{6nf}{b}(e - e') + 3c'^2; \qquad q = \frac{6nf}{b}(e^2 + e'^2) + 2c'^3;$$

dobiva se definitiva jednadžba

$$\underline{z^3 + pz = q} \qquad (9)$$

Sl. 2

*Hvatište sile nalazi se između tlačne armature i pritisnutog ruba presjeka*



*Uslovi ravnoteže za obrtanje oko tačke O*

$$N_b\left(\frac{x}{3} - c'\right) + N_z'' e' - Z_z' e = 0 \qquad (10)$$

daje sa $-c'$ vrijednost $+c'$

dobiva se jednadžba (11)

$$(x - c')^3 + \left[\frac{6nf}{b}(e + e') - 3c'^2\right](x - c') - \frac{6nf}{b}(e^2 + e'^2) - 2c'^3 = 0$$

$$z = x - c', \quad p = \frac{6nf}{b}(e + e') - 3c'^2; \quad q = \frac{6nf}{b}(e^2 + e'^2) + 2c'^3$$

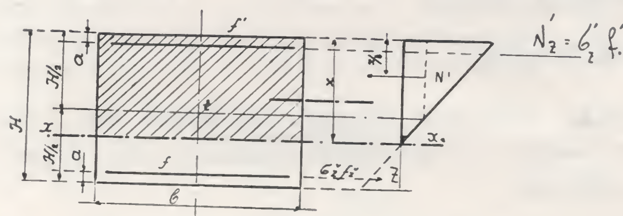
dobiva se konačno $\underline{z^3 + pz = q}$ (12)

Sl. 3

*Dimenzioniranje presjeka*

*I Neutralna os siječe presjek*

$x = x_1 > \frac{H}{2}$ $\quad x = x_2 < \frac{H}{2}$

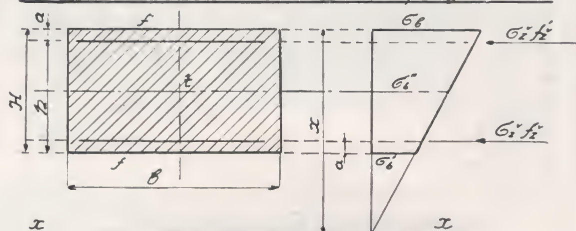


$S = \frac{1}{2} b x^2 + n f'(x-a) - n f(H-x-a)$ $\quad$ Ako je $f = f'$

$S = \frac{1}{2} b x^2 + n f(2x - H)$

$\sigma_b = \frac{N x}{S}$ $\quad \sigma_z'' = n \sigma_b \, H-x-a$ $\quad \sigma_z' = n \sigma_b \frac{x-a}{x}$

*II Neutralna os se nalazi izvan presjeka*



$S = b H (x - \frac{H}{2}) + n f_z'(x-a) + n f_z''(x-H+a')$

$\sigma_b = \frac{N \cdot x}{S}$ $\quad \sigma_z'' = n \sigma_b \frac{x-H+a}{x}$

$\sigma_z' = n \sigma_b \frac{x-a}{x}$ $\quad \sigma_b' = \sigma_b \frac{x-H}{x}$

Kako ovaj postupak predstavlja skraćivanje računskog rada u praksi to su izvedene tri mogućnosti položaja hvatišta u presjeku i to:

a) hvatište sile je van presjeka (sl. 1),

b) hvatište sile je u presjeku između težišta presjeka i tlačne armature (sl. 2),

c) hvatište sile je između pritisnutog ruba presjeka i tlačne armature (sl. 3).

Na kraju dodati su izrazi za određivanje napona bez proračuna momenata inercije koji su zamijenjeni statičkim momentima s obzirom na neutralnu os x (sl. 4).

*Sl. 4*

# PRVI RAD PRELJEVNE GRAĐEVINE BRANE DERBENDI KHAN U IRAKU

Ing. Vjekoslav **Makovac — Dijak**, Zagreb

## 1. Uvod

U jednom od prethodnih brojeva ovoga časopisa (Januar 1963) pisali smo o popravnim radovima na betonu preljevne građevine brane Derbendi Khan u Iraku. Tom smo prilikom, zbog boljeg razumijevanja i dobivanja potpunije slike problema, dali i kraći opis čitavog postrojenja Derbendi Khan.

Tema spomenutog članka bila je posvećena problemu popravnih radova betona zidova i dna brzotoka preljeva uz primjenu jednog relativno novog materijala u građevinartsvu — epoksia.

Na svršetku je članka bilo spomenuto da se čini da su do sada izvršeni popravni radovi uspješni, ali da će se do pravih zaključaka moći doći tek nakon što građevina bude stanovito vrijeme u pogonu. Rečeno je nadalje bilo da bi preljev, makar samo i djelomično, mogao pororaditi koncem kišnog perioda 1962/1963, dakle tamo negdje u aprilu — maju 1963. godine. To bi bilo poželjno, jer bi se u tom slučaju još tokom perioda održavanja moglo doći do stanovitih iskustava u pogledu kvalitete izvršenih popravnih radova.

I zaista prilika za prvi rad preljevne građevine na Derbendi Khanu došla je prema očekivanjima.

Zbog abnormalno jakih kiša koje su padale gotovo na čitavom području Iraka, a naročito u njegovom sjevernom planinskom dijelu, u proljeću ove godine, akumulacioni bazen Derbendi Khan (a isto tako i Dokan) se je napunio i njegov je vodostaj koncem aprila 1963. došao u blizinu kote 485 m.n.m. a to je gornji rub preljevnih zatvarača.

U to vrijeme popravni radovi na betonu brzotoka preljevne građevine bili su još uvijek u toku; osim toga lijevi preljevni kanal nije bio niti zatvoren. U njegovom lijevom zidu, naime, (tj. u zidu koji ograđuje brzotok od kamenog nabačaja tijela brane) postojao je otvor koji je izvođač upotrebljavao za pristup radnika i dopremu materijala i mašina potrebnih za vršenje popravnih radova. Bilo je predviđeno, naravno, da će se taj otvor zatvoriti (zabetonirati) kada popravni radovi u brzotoku budu završeni.

Zbog postojanja toga otvora trebalo je pod svaku cijenu spriječiti prelivanje gornjeg ruba

ljevnih zatvarača (pod normalnim se uvjetima ovo prelijevanje dopušta do stanovite granice), da ne bi voda ušla i u lijevi preljevni kanal i kroz postojeći pristupni otvor u zidu isticala na nizvodni pokos brane, što bi sigurno dovelo do ozbiljnih oštećenja i velikih razaranja na samom pokosu brane kao i na čitavom nizvodnom dijelu postrojenja.

Zbog toga bila je donešena odluka da se nadolazeće velike vodne količine iz jezera evakuiraju kroz srednji i desni preljevni kanal (brzotok), iako popravni radovi u samom desnom kanalu također još nisu u to vrijeme bili završeni.

Stanje popravnih radova u pojedinim preljevnim kanalima prije prvog rada preljevne građevine bilo je slijedeće:

Desni kanal:

| | | |
|---|---|---|
| Zidovi (brušenje i »krpanje«): | dovršeno | 100% |
| Dno (brušenje): | dovršeno | 70% |
| Dno (»krpanje« epoxy mortom): | dovršeno | 0% |

Srednji kanal:

| | | |
|---|---|---|
| Zidovi (brušenje i »krpanje«): | dovršeno | 100% |
| Dno (»krpanje« epoxy mortom): | dovršeno | 90% |
| Dno (brušenje): | dovršeno | 90% |

Lijevi kanal:

| | | |
|---|---|---|
| Zidovi (brušenje i »krpanje«): | dovršeno | 95% |
| Dno (brušenje): | dovršeno | 50% |
| Dno (krpanje epoxy mortom): | dovršeno | 5% |

**2. Trajanje rada preljevne građevine i evakuirane vodne količine**

Zatvarač srednjeg preljevnog otvora bio je djelomično podignut 2. maja 1963. u 2,30 sati popodne i toga je časa preljevna građevina brane Derbendi Khan počela evakuirati velike vode prvi put u historiji objekta.

U periodu od 2. maja do 27. maja srednji i desni preljevni kanal radili su s manjim prekidima kod djelomično podignutih zatvarača evakuirajući vodne količine između 150 i 170 $m^3$/sec (svaki). Povremeno su radila oba kanala zajedno, no većim dijelom samo jedan od njih.

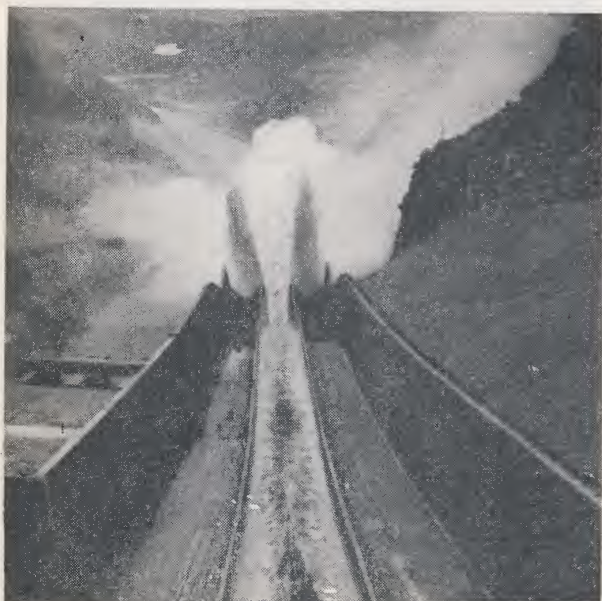
Srednji preljevni kanal bio je u pogonu kraće vrijeme od desnoga i radio je kontinuirano od 2. do 6. maja, dakle 4 dana, a evakuirane vodne količine bile su između 150 i 750 $m^3$/sec. Desni kanal radio je od 2. do 27. maja s dva kraća prekida, ukupno punih 19 dana, a evakuirane vodne količine varirale su od 160 do 600 $m^3$/sec.

Kroz gore navedeno vrijeme kroz srednji kanal prošlo je cca 144.5 milijuna kubnih metara vode, a kroz desni 741.0 milijun, ukupno dakle oko 885.5 milijuna kubnih metara.

Tokom prvog rada preljeva zatvarači su bili uvijek samo djelomično podignuti, a maksimalni je otvor iznosio 5.0 metara.

Naravno bilo je moguće zatvarače podići i više od 5.0 m, čime bi se evakuirane vodne količine odgovarajući povećale. Kod potpuno podignutih zatvarača i pri vodostaju u jezeru 485 m.n.m moguće je propustiti kroz svaki otvor po 1900 $m^3$/sec.

Kako smo, međutim, to već spomenuli, u proljeće 1963. pale su velike kiše svuda u Iraku, što je imalo za posljedicu da su svi vodotoci i rijeke nosili velike mase voda. Da se kritična situacija u pogledu vodostaja rijeke Tigrisa u okolini Baghdada ne bi pogoršala (Diyalah je pritoka Tigrisa), nije se smjelo na Derbendi Khanu ispuštati više vode nego je to bilo neophodno potrebno da se spriječi preljevanje gornjeg ruba zatvarača. To je bio razlog da se pri prvom radu preljeva na Derbendi Khanu nije išlo iznad gore spomenutih koli-



*Sl. 1: Brana Derbendi Khan — Srednji preljevni kanal u radu 5. 5. 1963. (proticaj: 750 $m^3$/sec)*



*Sl. 2: Brana Derbendi Khan — Vodni odskok na kraju srednjeg brzotoka na dan 5. 5. 1963. (proticaj: 750 $m^3$/sec)*

čina, makar je u tom pogledu postojala velika želja ići što više na gore.

Osim preljevne građevine skoro tokom čitavog gore navedenog perioda radila su i sva tri irigaciona ispusta sa ukupno 290 m³/sec odnosno svaki sa gotovo 100 m³/sec.

Na priloženim fotografijama 1 do 5 vidimo srednji i desni preljevni kanal tokom evakuacije voda na dane 5, 17. i 18. maja 1963.



*Sl. 3: Brana Derbendi Khan — Odskok vodnog mlaza na kraju desnog preljevnog kanala (600 m³/sec). Osim preljeva rade i sva tri irigaciona ispusta sa po 100 m³/sec.*

**3. Fenomeni opaženi tokom rada preljeva**

Prvi rad preljevne građevine, makar je taj došao u neku ruku nenadano ne dajući dovoljno vremena za pripreme poželjnih planiranih sistematskih opažanja, pružio je dosta mogućnosti za opažanja kako određenih hidrauličnih fenomena, tako i čisto praktičkih posljedica utjecaja na popravljeni beton preljevne građevine. U ovom momentu je ovo drugo bilo za nas od primarne važnosti, jer se je željelo doći što prije do iskustava u pogledu adekvatnosti i kvalitete popravnih radova na brzotoku i utjecaja velikih brzina vode na njih.

Tokom prve operacije oba preljevna zatvarača bila su spuštana i podizana nekoliko puta. Sva dosadašnja ispitivanja zatvarača, kao i uređaja za njihovo podizanje i spuštanje, bila su izvršena bez pritiska vode. Prvi rad preljeva omogućio je opažanje funkcioniranja zatvarača i mehanizama pod djelovanjem pritiska vode. Nikakve neprilike u tom pogledu nisu bile primijećene.

Stvarne brzine vode u brzotocima na pojedinim profilima nisu ovoga puta bile mjerene, uslijed nedostatka vremena za organizaciju takvih kvantitativnih opažanja. Primijećeno je da je strujanje vode u srednjem brzotoku bilo potpuno pravilno kod svih proticaja, dok se za desni to ne bi moglo reći. Tamo se javlja odbijanje vodnog mlaza dva puta, prvi put prema lijevom zidu (gledajući nizvodno), a onda prema desnom (vidi sliku 5).

Aeracija vodnog mlaza već u brzotocima pokazala se je kao zadovoljavajuća.

Oštri zahtjevi u pogledu glatkoće betonskih zidova i dna brzotoka pokazali su se kao opravdani. Tokom rada preljeva primijećeno je da i najmanja nepravilnost na zidovima predstavlja jak lokalni otpor strujanju vode. Takva mjesta, kojih je poslije izvršenih popravaka ostalo vrlo malo, bila su vrlo energično napadana od vode protičuće velikim brzinama.

Nikakvih iznenađenja u pogledu formiranja vodnog odskoka i raspršivanja energije vode u koritu rijeke nizvodno od postrojenja nije bilo moguće zapaziti. Aeracija vodnog mlaza bila je skoro perfektna, a uništenje energije padajuće vode zadovoljavajuće. Kao što se je to očekivalo, padajuća voda izvršila je stanovita razaranja dna i obala rijeke nizvodno, stvorivši bazen za umirenje određene dubine. Taj je bazen bio stvoren djelomičnim iskapanjem dna kao i pojavom jedne pregrade na kraju toga bazena stvorene deponiranjem težeg kamenja koje voda nije bila u stanju ponijeti sa sobom niz rijeku.

**4. Stanje građevine poslije prvog rada preljeva**

Na slici broj 6 imademo opći pogled na zidove i dno srednjeg brzotoka poslije 4 dana pogona.



*Sl. 4: Brana Derbendi Khan — Odskok vodnog mlaza tokom rada desnog preljevnog kanala (600 m³/sec) na dan 17. 5. 1963. Vide se i sva tri irigaciona ispusta u radu ispuštajući svaki po 100 m³/sec.*

Detaljnim pregledom srednjega brzotoka poslije prvog rada preljevne građevine bilo je ustanovljeno da su »krpanjem« (uz primjenu torkreta nabacanog na epoksi) popravljena mjesta na zidovima savršeno odoljela velikim brzinama vode. Nisu bila otkrivena nikakva oštećenja zdravoga betona, a samo nekoliko »zakrpa« bilo je odnešeno. Ustanovljeno je bilo da je uzrok za ovo potonje ležao u činjenici nepažljive i loše izvedbe od strane izvođača.

Međutim dok je stanje zidova u srednjem brzotoku poslije rada preljeva bilo potpuno zadovoljavajuće, ovo isto ne bi se moglo reći i za vertikalne spojnice (fuge) između pojedinih blokova zidova. Ove su spojnice, metodom opisanom detaljno u januarskom broju ovoga časopisa, bile prethodno popravljene pomoću epoxy morta, a nakon toga izbrušene rotirajućim brusilicama. Pregledom je bilo ustanovljeno da je nakon 4 dana rada preljeva oko 50% ovih spojnica bilo djelomično oštećeno odnosno »nagriženo« (vidi sliku 7).

Oštećena mjesta bila su karakterizirana uglavnom »ljuštenjem« relativno tankog sloja epoksi morta s njegove podloge — zdravog betona. Detaljnim razmatranjem oštećenih mjesta došlo se je do zaključka da bi uzroci ovim oštećenjima mogli biti slijedeći, uzeti pojedinačno ili u kombinaciji:

— Loša izvedba (naravno!); čini se da je epoksi mort bio nanašan na površinu koja prethodno nije bila pripremljena i očišćena prema uputama za njegovu primjenu;

— Površine premazane epoksi mortom nisu bile naknadno dovoljno zaglađene, tako da je vodi bio pružan kod tečenja znatan otpor; ovo je opet bila pogreška izvedbe, jer izvođač u tom pogledu nije slijedio dovoljno savjesno date mu upute;

— Vibracije srednjeg zida: srednji kanal (brzotok) bio je prazan, dok je istovremeno desni radio kroz nekoliko dana. Uslijed vitkosti srednjeg zida između oba kanala, taj je znatno vibrirao i te vibracije možda su pomogle pucanje tankog sloja epoksi morta kojim su bile zaglađene vertikalne spojnice;



*Sl. 5: Brana Derbendi Khan — Desni preljevni kanal u radu (gledajući nizvodno) pri evakuaciji 600 m³/sec na dan 18. 5. 1963.*



*Sl. 6: Brana Derbendi Khan — Opći izgled zidova i dna srednjeg brzotoka poslije 4 dana rada (snimka učinjena na 21. 5. 1963).*

— Pritisak vode koja je procurivala kroz spojnice i pukotine u betonu oko njih; na niz mjesta moglo se vidjeti kako je taj pritisak jednostavno »oljuštio« pojedine »krpice« tankog sloja epoksi morta.

Stanje vertikalnih spojnica u desnom brzotoku poslije 19 dana rada preljeva pokazalo je da bi prva dva gore spomenuta uzroka mogla biti zaista ispravna. Pri popravnim radovima, naime, u desnom kanalu izvođač je uložio više pažnje (poslovođa za te radove bio je u međuvremenu izmijenjen) i zbog toga je tamo samo oko 20% vertikalnih spojnica bilo oštećeno.

Nema sumnje da će, uprkos svim naporima da se vertikalne spojnice izvedu i poprave u ovoj fazi što bolje, njihovo održavanje u budućnosti predstavljati jedan stalan problem i brigu.

Što se tiče dna srednjega kanala, koji je bio brušen pomoću »Bump cutter« mašine, taj je poslije prvog rada preljevne građevine ostao u odličnom stanju. Nisu bila primijećena nikakva oštećenja zdravoga betona, a samo na nekoliko mjesta spojnice popravljene epoksi mortom bile su oštećene. Uzrok opet isti: nepažnja kod izvedbe.

S t a n j e u k o r i t u r i j e k e n i z v o d n o. Kao što se je to i očekivalo, riječno korito nizvodno

od brane prilično se je promijenilo za vrijeme prvog rada preljeva.

Prema projektu nikakve specijalne građevine nisu bile predviđene niti izvedene na nizvodnom dijelu za zaštitu obala i dna (osim nešto malo na desnom boku neposredno iza »bucketa« brzotoka) niti za uništenje energije padajuće vode. Bilo je prepuštena da si padajuća voda sama stvori bazen za umirenje, ali naravno to je bilo moguće samo uz stanovita razaranja postojećih obala i dna. Taj proces razaranja i stvaranja manje-više stabilnog stanja trajaće dulje vremena, a započeo je tokom prvog rada preljevne građevine.

Pod utjecajem padajuće vode ( u stvari smjese voda-zrak) lijeva i desna obala bile su uočljivo »isprane« i odnešene, stvorio se je jedan bazen za umirenje, a na njegovom nizvodnom kraju formirala se je u koritu rijeke niska brana (prečaga), koja je podigla vodostaj donje vode kod samoga postrojenja (vidi sliku 8).

Tokom prvog rada preljevne građevine odnešeni materijal s obala bio je u stvari samo onaj nasut za vrijeme gradnje zbog pristupa; za sada nije bilo primijećeno odnošenje sraslog terena.

Upoređenja vodostaja prije i poslije rada preljeva pokazala su da se je donja voda pod utjecajem stvorene prečage na kraju bazena za umirenje podigla stalno za oko 2.50 metra, tj. došla je na kotu 378.50 m.n.m. (Prema projektu predviđena je mogućnost maksimalnog podizanja donje vode, uslijed stvaranja prečaga kod maksimalnog kapaciteta preljeva, do kote 400 m.n.m. tj. do krova postojeće strojare!).

Količina materijala koja bi se morala izvaditi iz rijeke da se voda snizi ponovno za tih 2.50 metra iznosi oko 20.000 m³.



*Sl. 7: Brana Derbendi Khan — Stanje jedne vertikalne spojnice u zidu srednjeg brzotoka poslije 4 dana rada preljeva*

**5. Zaključci**

a. Prvi rad preljevne građevine na brani Derbendi Khan u maju 1963. godine nije pokazao nikakvih abnormalnosti niti neočekivanih pojava kod bilo kojeg dijela građevine.

b. Oštri zahtjevi u pogledu glatkoće i pravilnosti betonskih površina kod preljevne građevine ovoga tipa kao na Derbendi Khanu nisu bili pretjerani.

c. Metode usvojene za popravak betona dna i zidova brzotoka mogu se smatrati odgovarajućim i opravdanim.



*Sl. 8: Brana Derbendi Khan — Nizvodno područje nakon zatvaranja preljeva i ispusta 18. 5. 1963.*

d. Čini se da je primjena epoksija za popravke, kako je to bilo opisano u januarskom broju ovoga časopisa, opravdala potpuno svoje povjerenje. No da bi se postigli 100% sigurni rezultati kod bilo kojeg načina primjene toga materijala, treba kod njegove upotrebe biti vanredno pažljiv i slijediti upute proizvođača što je moguće savjesnije. Naročita pažnja mora se posvetiti primjeni epoksi morta u tankim slojevima, jer se taj vrlo lako može početi »ljuštiti«.

e. Formiranje bazena za umirenje (»erozione rupe«) nizvodno od brane nije još završeno, tj. još nisu postignuti uvjeti stabilnosti korita. Taj proces stabilizacije biće više-manje definitivno okončan negdje u kasnijoj budućnosti, nakon niza aktivnosti preljevne građevine kod različitih uvjeta proticanja, tj. različitih evakuiranih vodnih količina.

f. Nanos na kraju bazena za umirenje, stvoren tokom prvog rada preljevne građevine, biće odstranjen iz korita rijeke (poslije ispitivanja lijevog brzotoka) da bi se donja voda ponovno snizila i time povećao efekt postojeće hidroelektrane.

# TERENSKO ODREĐIVANJE VELIČINE OTPORA SILI IZVLAČENJA KOD KRUŽNIH TEMELJA

Dr ing. **Dušan Milović**, Beograd

**Uvod**

Fundiranje industriskih hala Željezare u Skoplju prema prvobitnom projektu trebalo je da se izvede na masivnim temeljima znatnih dimenzija i velike sopstvene težine. Analizom statičkih uticaja koji se preko temeljne konstrukcije prenose na temeljno tlo kao i geotehničkih karakteristika samoga tla, prvobitni masivni temelji zamenjeni su temeljima kružnog poprečnog preseka koji su daleko ekonomičniji od prethodnih.

Međutim, da bi kružni temelji znatno manjih dimenzija mogli da zamene masivne temelje, trebalo je dokazati da i oni mogu primiti odgovarajuće statičke uticaje.

Prema podacima iz statičkog proračuna, maksimalna horizontalna sila koja deluje na temelj iznosi $H_{max} = 39$ t a najveća sila izvlačenja $Z_{max} = 70$ t.

U daljem će se razmatrati temelj kružnog poprečnog preseka, prečnika $2\,R = 2{,}0$ m.

## I. Proračun horizontalne sile H

### 1. Teoretska rasmatranja

Najpre će se rasmatrati vertikalni temelj pravougaonog poprečnog preseka $A \times B$, koji je ukopan u tlo do dubine $D_m$. Temelj je izložen dejstvu horizontalne sile H, koja deluje na visini h iznad površine terena. Tlo oko temelja ima koheziju c i ugao unutrašnjeg trenja $\varphi$. Efektivna zapreminska težina tla iznad nivoa podzemne vode je $\gamma$ a ispod vode $\gamma'$.

Na sl. 1 prikazana je shema temelja sa potrebnim oznakama.

Na proizvoljnoj dubini D ispod površine terena efektivni pritisak gornjih slojeva iznosi:

$$p = \gamma D_d + \gamma' D_s \qquad [1]$$

Ako se pretpostavi da je temelj dovoljno krut i ako se zanemare elastičnije deformacije, onda se može smatrati da će se u stanju loma temelj okretati kao kruto telo oko tačke koja se nalazi na dubini $D_r$ ispod površine terena.

Iznad centra rotacije pasivni zemljani pritisci će delovati sa desne strane temelja, dok će sa leve strane delovati aktivni pritisci.

Opšti izraz za rezultujući pritisak na jedinicu površine temelja na dubini D glasi:

$$e^D = \bar{p} K_p^D + C K_c^D \qquad [2]$$

Odgovarajući pritisak na jedinicu dužine temelja iznosi $B \cdot e^D$.

Pošto posmatrani temelj nema oblik kvadrata ili pravougaonika, to će se najpre kružni oblik zameniti »ekvivivalentnim« kvadratom. Položaj i strana kvadrata mogu se odrediti na taj način da sledeći uslovi budu ispunjeni:

— težišta se moraju poklapati
— glavne osovine moraju da se poklapaju
— površine moraju biti iste

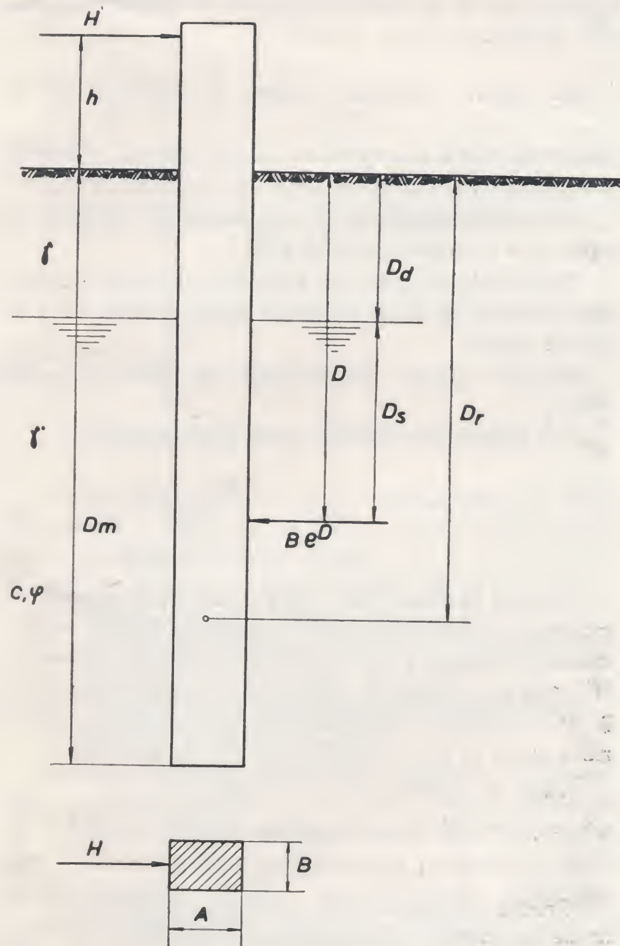
Kvadrat čija je stranica $A = 0{,}71$ m predstavlja »ekvivalenat« krugu prečnika $2\,R = 0{,}80$ m, jer su svi gore navedeni uslovi zadovoljeni.

Za pritisak na površini tj. za slučaj $D = 0$ postoje aktivni i pasivni zemljani pritisci na temelj koji odgovaraju ravnom stanju, B. Hansen (1):

$$e^0 = \bar{p} K_p^0 + c K_c^0 \qquad [3]$$

Vrednost koeficijenta $K_p^0$ određuje se iz razlike koeficijenata aktivnog i pasivnog pritiska:

$$K_p^0 = e^{\left(\frac{\pi}{2} + \varphi\right) \operatorname{tg} \varphi} \cos\varphi \operatorname{tg}\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right) - e^{-\left(\frac{\pi}{2} - \varphi\right) \operatorname{tg} \varphi} \cos\varphi \operatorname{tg}\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) \qquad [4]$$




*Sl. 1: Shema temelja sa oznakama*

Izraz za vrednosti koeficijenta $K_c^o$ glasi:

$$K_c^o = \left[ e^{\left(\frac{\pi}{2}+\varphi\right)\operatorname{tg}\varphi} \cdot \cos\varphi \operatorname{tg}\left(45+\frac{\varphi}{2}\right) - 1\right] \operatorname{cotg}\varphi \qquad [5]$$

Ako se radi o temelju na velikoj dubini, linije sloma neće više ići do površine terena već će se formirati oko šipa.

Da bi se proračunao odgovarajući pasivni pritisak na temelj odnosno šip, poći će se od opšte jednačine za nosivost temelja:

$$q_f = \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma \cdot d_\gamma + (c + \bar{p} \operatorname{tg}\varphi) Nc \cdot dc + \bar{p} \qquad [6]$$

Faktor dubine dc, za odnos dubine fundiranja prema šitini temelja $\frac{D}{B} < 1{,}0$, može se izraziti sledećom približnom formulom:

$$dc \sim 1 + 0{,}35 \frac{D}{B} \text{ za } D < B \qquad [7]$$

Ova formula je dobra aproksimacija za plitke temelje, ali se ne može primeniti za temelje na većim dubinama ili za šipove.

Za velike vrednosti odnosa $\frac{D}{B}$ očevidno je da faktor dc mora asimptotski da teži jednoj konačnoj vrednosti, kao funkcija ugla unutrašnjeg trenja.

Prema Skempton-u (2) ova konačna vrednost za ugao $\varphi = 0$ iznosila bi oko 1,50.

Prema Meyerhof-u (3) konačna vrednost faktora dc manja je od 2 za rastresit pesak i veća od 4 za zbijen pesak.

Brinch Hansen preporučuje za veće vrednosti $\frac{D}{B}$ za faktor dc sledeću empiričku formulu:

$$dc = 1 + \frac{0{,}35}{\frac{B}{D} + \frac{0{,}60}{1 + 7 \operatorname{tg}^4 \varphi}} \qquad [8]$$

Ako se formula [6] i [8] primene pri proračunu pasivnog pritiska na temelj odnosno šip na velikoj dubini, onda se prvi i posljednji izraz u jednačini [6] mogu zanemariti, efektivni vertikalni-pritisak p se zamenjuje horizontalnim pritiskom u stanju mirovanja $\bar{p} K_0$ a u jednačini [8] je $D = \infty$.

Tada se dobija:

$$e^\infty = (c + \bar{p} K_0 \operatorname{tg}\varphi) Ncdc^\infty = \bar{p} K_p^\infty + c K_c^\infty \qquad [9]$$

$$dc = 1{,}58 + 4{,}09 \operatorname{tg}^4 \varphi \qquad [10]$$

Prema Bishop-u (4), veličina koeficijenta $K_0$ može se odrediti prema sledećem izrazu:

$$K_0 = 1 - \sin\varphi \qquad [11]$$

Koeficijenti $K_c^\infty$ i $K_p^\infty$ mogu se sada sračunati pomoću sledećih jednačina:

$$K_c^\infty = Nc\, dc^\infty \qquad [12]$$

$$K_p^\infty = K_c^\infty \cdot K_0 \operatorname{tg}\varphi = Nc\, dc^\infty \cdot K_0 \operatorname{tg}\varphi \qquad [13]$$

Da bi se odredio pritisak $e^D$ na proizvoljnoj dubini D potrebno je poznavati koeficijente $K_p^D$ i $K_c^D$.

Za vrednost $D = 0$ i $K^D = K^o$ a za $D = \infty$ i $K^D = K^\infty$. Za dubine između ovih graničnih slučajeva proračun veličine koeficijenata K može se sprovesti prema empiričkim jednačinama:

$$K_p^D = \frac{K_p^o + K_p^\infty \cdot \alpha_p \cdot \frac{D}{B}}{1 + \alpha_p \cdot \frac{D}{B}} \qquad [14]$$

$$\alpha_p = \frac{K_p^o}{K_p^\infty \cdot K_p^o} \cdot \frac{K_0 \sin\varphi}{\sin\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right)} \qquad [15]$$

$$K_c^D = \frac{K_c^o + K_c^\infty \cdot \alpha_c \cdot \frac{D}{B}}{1 + \alpha_c \cdot \frac{D}{B}} \qquad [16]$$

$$\alpha_c = \frac{K_c^o}{K_c^\infty - K_c^o} \cdot 2 \sin\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right) \qquad [17]$$

Odredbom ovih koeficijenata omogućen je direktan proračun horizontalnih pritisaka na temelj odnosno šip pomoću jednačine [2].

## 2. Proračun pritiska

Pri proračunu veličine horizontalne sile H, kao druga nepoznata veličina pojavljuje se i položaj centra rotacije $D_r$. Za određivanje ovih dvaju veličina koriste se dve jednačine ravnoteže tj. jednačina horizontalnih sila i jednačina momenata. Pri tome se uvodi potrebna sigurnost bilo množenjem sile H totalnim faktorom sigurnosti F bilo primenom parcijalnih faktora sigurnosti za H, $\varphi$ i c, Brinch Hansen (5).

U ovom drugom slučaju, prema Brinch Hansen-u, proračun treba sprovesti sa nominalnim vrednostima:

$$H_n = H \cdot f_H = H \times 1{,}50 \qquad [18]$$

$$\operatorname{tg}\varphi_n = \frac{\operatorname{tg}\varphi}{f\varphi} = \frac{\operatorname{tg}\varphi}{1{,}20} \qquad [19]$$

$$c_n = \frac{c}{f_c} = \frac{c}{1{,}50} \qquad [20]$$

U posmatranom slučaju temelj je kružnog poprečnog preseka, prečnika $2R = 0{,}80$ m i dubine ukopavanja $D_m = 5{,}90$ m.

Strana ekvivalentnog kvadrata iznosi $A = 0{,}71$ m. Zapreminska težina tla u prirodno vlažnom stanju iznosi $\gamma = 1{,}65$ t/m³. Ugao unutrašnjeg trenja tla oko temelja iznosi $\varphi = 25^0$ a kohezija $c = 0{,}10$ kg/cm².

Primenjujući jednačine [19] i [20] dobijaju se sledeće nonimalne vrednosti:

$$\text{tg}\,\varphi\,n = \frac{\text{tg}\varphi}{f\varphi} = \frac{0{,}466}{1{,}20} = 0{,}39$$

$$\varphi\,n = 21^0 30'$$

$$Cn = \frac{c}{f_c} = \frac{1{,}0}{1{,}50} = 0{,}67\ \text{t/m}^2$$

Cela dubina ukopavanja podeli se na lamele jednake visine. U posmatranom slučaju dubina $D_m = 5{,}90$ m podeljena je na 5 jednakih delova visine 1,18 m.

$$\text{Za } D = 0 \text{ isto tako je } \frac{D}{B} = 0$$

Da bi se odredila veličina pritisaka na temelj pomoću jednačine [2] potrebno je najpre odrediti koeficijente $K_p^D$ i $K_c^D$. Primenjujući jednačine [14—17] dobija se:

$$K_p = 2{,}60$$
$$K_c = 5{,}00$$
$$\gamma\,DBK_p = 1{,}65 \times 0 \times 0{,}71 \times 2{,}60 = 0$$
$$cBK_c = 0{,}67 \times 0{,}71 \times 5{,}0 = \frac{2{,}38\ \text{t/m}'}{2{,}38\ \text{t/m}'}$$

$$D = 1{,}18\ \text{m} \quad \frac{D}{B} = \frac{1{,}18}{0{,}71} = 1{,}67$$
$$K_p = 3{,}50 \qquad K_c = 12{,}2$$
$$\gamma DBK_p = 1{,}65 \times 1{,}18 \times 0{,}71 \times 3{,}50 = 4{,}85\ \text{t/m}'$$
$$cBK_c = 0{,}67 \times 0{,}71 \times 12{,}2 = \frac{5{,}80\ \text{t/m}'}{10{,}65\ \text{t/m}'}$$

$$D = 2{,}36\ \text{m} \quad \frac{D}{B} = \frac{2{,}36}{0{,}71} = 3{,}34$$
$$K_p = 3{,}90 \qquad K_c = 15{,}60$$
$$\gamma DBK_p = 1{,}65 \times 2{,}36 \times 0{,}71 \times 3{,}90 = 10{,}80\ \text{t/m}'$$
$$cBK_c = 0{,}67 \times 0{,}71 \times 15{,}60 = \frac{7{,}42\ \text{t/m}'}{18{,}22\ \text{t/m}'}$$

$$D = 3{,}54\ \text{m} \quad \frac{D}{B} = \frac{3{,}54}{0{,}71} = 4{,}99$$
$$K_p = 4{,}50 \qquad K_c = 19{,}4$$
$$\gamma DBK_p = 1{,}65 \times 3{,}54 \times 0{,}71 \times 4{,}50 = 18{,}70\ \text{t/m}'$$
$$cBK_c = 0{,}67 \times 0{,}71 \times 19{,}4 = \frac{9{,}20\ \text{t/m}'}{27{,}90\ \text{t/m}'}$$

$$D = 4{,}72\ \text{m} \quad \frac{D}{B} = \frac{4{,}72}{0{,}71} = 6{,}65$$
$$K_p = 5{,}0 \qquad K_c = 21{,}50$$
$$\gamma DBK_p = 1{,}65 \times 4{,}72 \times 0{,}71 \times 5{,}0 = 27{,}60\ \text{t/m}'$$
$$cBK_c = 0{,}67 \times 0{,}71 \times 21{,}50 = \frac{10{,}20\ \text{t/m}'}{37{,}80\ \text{t/m}'}$$

$$D = 5{,}90\ \text{m} \quad \frac{D}{B} = \frac{5{,}90}{0{,}71} = 8{,}30$$
$$K_p = 5{,}20 \qquad K_c = 23{,}0$$
$$\gamma DBK_p = 1{,}65 \times 5{,}90 \times 0{,}71 \times 5{,}20 = 36{,}0\ \text{t/m}'$$
$$cBK_c = 0{,}67 \times 0{,}71 \times 23{,}0 = \frac{10{,}9\ \text{t/m}'}{46{,}9\ \text{t/m}'}$$

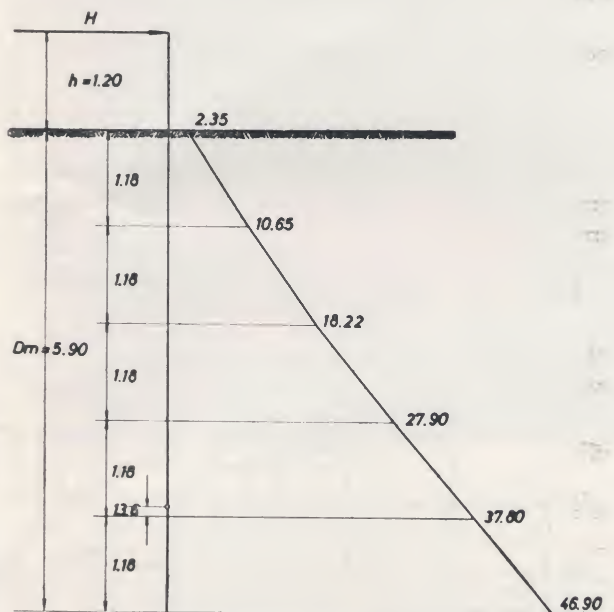
Momentna jednačina oko napadne tačke horizontalne sile, uz pretpostavku da je centar rotacije na kraju četvrte lamele, glasi:

$$\triangle M = 10{,}65 \times 1{,}18 \times 2{,}38 + 18{,}22 \times 1{,}18 \times 3{,}56 + 27{,}90 \times 1{,}18 \times 4{,}74 + 37{,}80 \times 0{,}59 \times 5{,}63 - 37{,}80 \times 0{,}59 \times 6{,}21 - 46{,}90 \times 0{,}59 \times 6{,}80 = 29{,}20 + 76{,}50 + 156{,}00 + 125{,}80 - 138{,}50 - 188{,}0 = 61{,}0\ \text{tm}$$

Centar rotacije može biti viši od pretpostavljenog za:

$$\triangle h = \frac{61{,}0}{2 \times 37{,}80 \times 5{,}92} = 13{,}6\ \text{cm}$$

Na sl. 2 prikazan je dijagram pritisaka koji deluju na temelj:




*Sl. 2: Dijagram pritisaka po dubini*

Veličina sile H koju može da primi temelj datih dimenzija, s obzirom da su već primenjeni parcijalni faktori sigurnosti, iznosi:

$$H = 10{,}65 \times 1{,}18 + 18{,}22 \times 1{,}18 + 27{,}90 \times 1{,}18 - 2 \times 37{,}00 \times 0{,}136 - 46{,}90 \times 0{,}59 = 12{,}60 + 21{,}50 + 32{,}90 - 10{,}10 - 27{,}60 = 29{,}3\ \text{t}$$

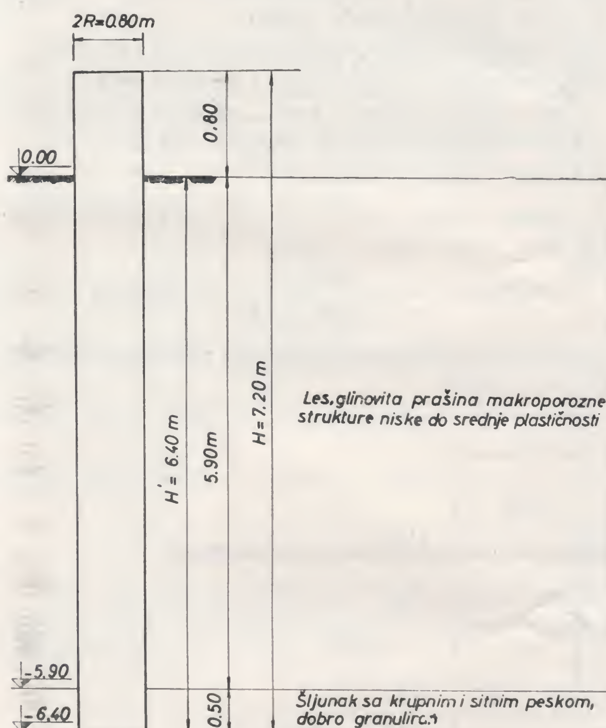
**II. Otpornost na izvlačenje kružnog temelja**

1. O p š t i p o d a c i o t l u

Temelj kružnog poprečnog preseka, prečnika $2R = 0{,}80$ m i dužine $H = 7{,}20$ m svojom dužinom $H' = 6{,}40$ m bio je ukopan u tlo. Računajući od kote 0,00 pa do kote — 5,90 m tlo je sastavljeno od lesne glinovite prašine makroporozne strukture, srednje plastičnosti. Od kote — 5,90 m nalazi se šljunak sa peskom svih veličina zrna, dobro granuliran.

Na sl. 3 prikazan je presek temelja i sastav tla.

Granica tečenja lesnog tla oko temelja iznosila je LL = 38 — 40%, granica plastičnosti PL = 18 — — 19% i indeks plastičnosti PI = 20 — 21%. Sadržina vode u prirodnim lesnim naslagama iznosila je w = 21 — 22%.




*Sl. 3: Presek temelja i profil tla*

Na neporemećenim uzorcima lesa određene su zapreminske težine, koje u suvom stanju iznose $\gamma_d = 1{,}38 — 1{,}42$ gr/cm³. Ugao unutrašnjeg trenja kretao se u granicama $\varphi = 24 — 25^0$, dok je prosečna vrednost kohezije iznosila c = 0,10 kg/cm².

Na sl. 4 prikazana je zona krivih granulometiriskih sastava.

2. Uređaji i konstrukcija

Opitni temelj izveden je tako što je prethodno iskopan bunar prečnika 2 R = 0,80 m do kote — 6,40 m, pa je posle izvršeno betoniranje, tako da je obezbeđena intimna veza između temelja i okolnog tla.

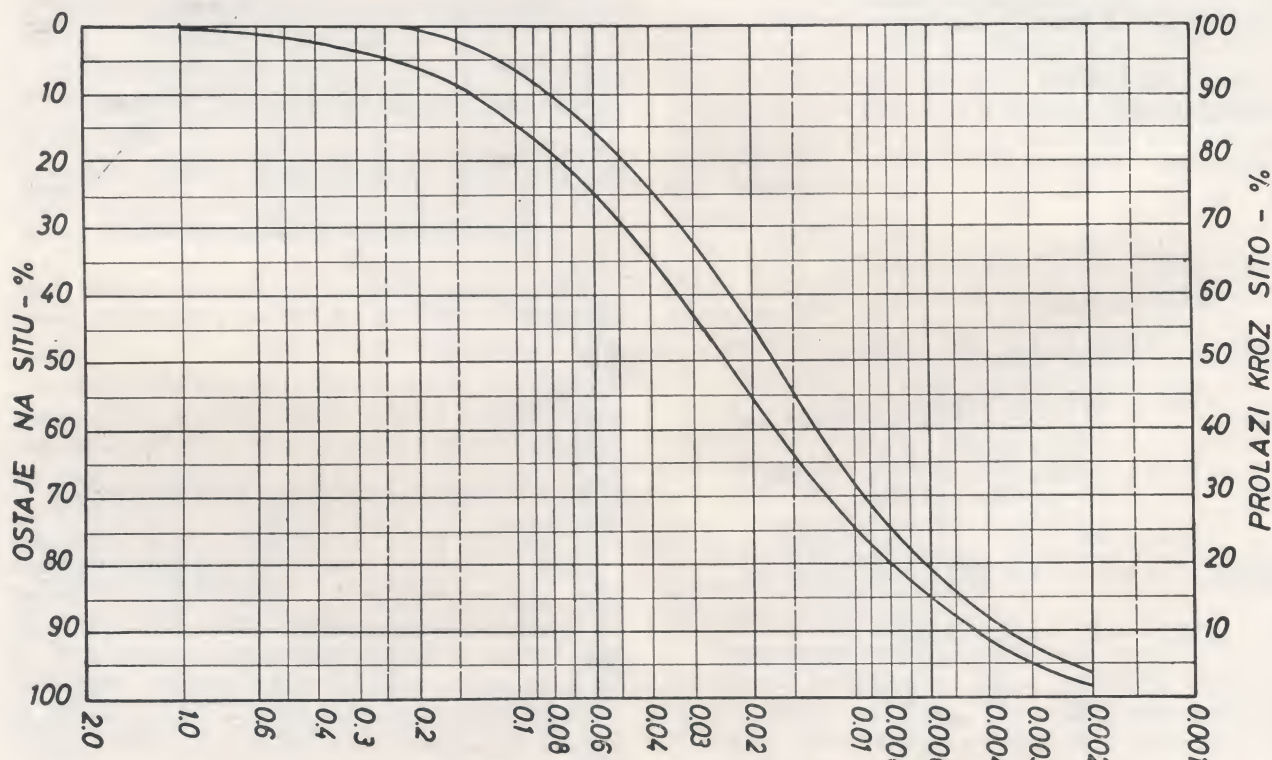
Na sl. 5 prikazani su preseci i osnova sistema za ispitivanje.

Temelj br. 2 koji je ispitivan na silu izvlačenja, anker nosačima je bio povezan sa glavnih čeličnim nosačima 2 I NP 80, koji su povezivali ceo sistem od tri temelja.

Na temelju br. 1 je bila postavljena presa sa prečnikom klipa ⌀ 250 mm i visine hoda h = 200 mm.

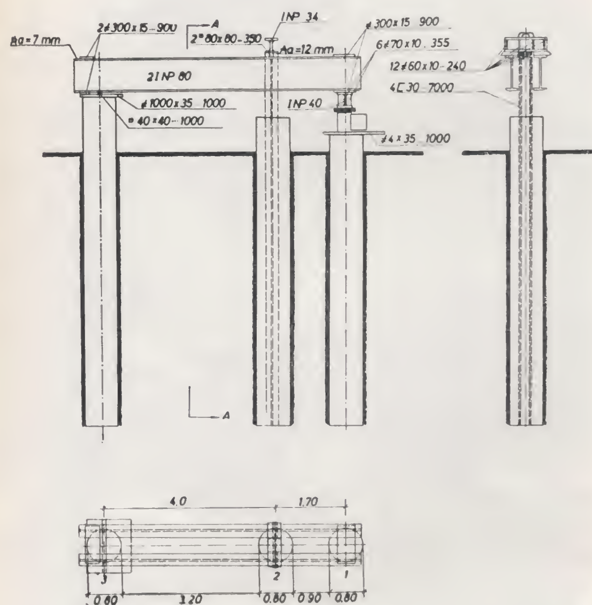
Manometar je omogućavao očitavanje do 400 atm, odnosno do 200 t, pošto iz dijagrama baždarenja proizlazi da postoji odnos 1 t ≅ 2 atm.

Na sl. br. 6 i 7 prikazan je sistem za ispitivanje dok je na sl. br. 8 prikazan temelj br. 2 zajedno sa ubetoniranim ankerima, a obzirom da je on izložen dejstvu sile izvlačenja Z.




*Sl. 4: Zona krivih granulometriskih sastava glinovite prašine od 0,5—5,90 m*

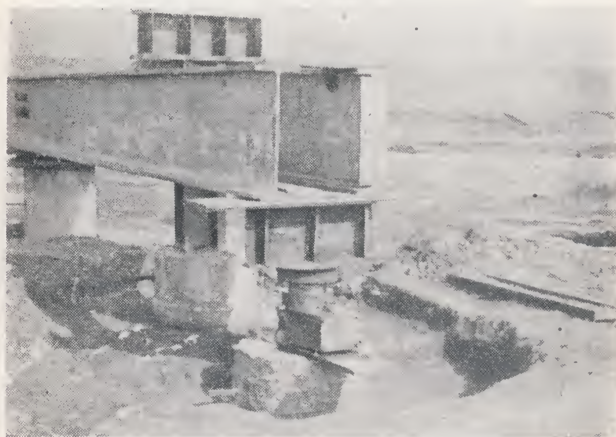
Registrovanje veličine izdizanja temelja br. 2 i sleganja temelja br. 1 i 3 izvršeno je preciznim nivelmanskim instrumentima. Na svakom temelju bila su ugrađena po dva repera, kako bi se mogla utvrditi eventualno naginjanje. Osim toga, pored




*Sl. 5: Osnova i preseci sistema za ispitivanje, u kome je temelj 2 izložen dejstvu sile izvlačenja*

svakog repera ugrađeni su i lenjiri sa milimetarskom podelom pored kojih je zategnuta tanka čelična žica, prebačena preko oslonca dovoljno udaljenih od temelja. Ova opažanja služila su samo kao gruba kontrola preciznom nivelmanskom snimanju.

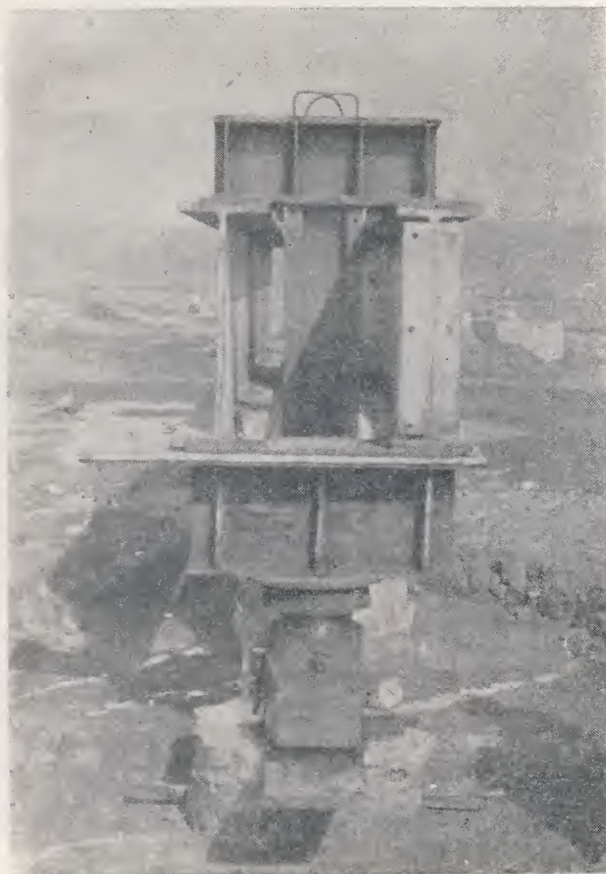
Na sl. 9 pokazan je detalj temelja br. 2 sa ubetoniranim ankerima, reperom za precizno snimanje i lenjirom za grubo osmatranje. Reper 4 takođe je ugrađen u temelj br. 2 na suprotnoj strani od repera 3.



*Sl. 6. Sistem za ispitivanje otpora pri izvlačenju temelja br. 2*

3. Rezultati ispitivanja

U prvoj fazi opterećenja sila izvlačenja za temelj br. 2 dostigla je vrednost Z = 70 t, pri čemu je zabeleženo izdizanje od 0,9 mm. Posle rasterećenja



*Sl. 7: Izgled sa strane sistema za ispitivanje otpora pri izvlačenju temelja br. 2*

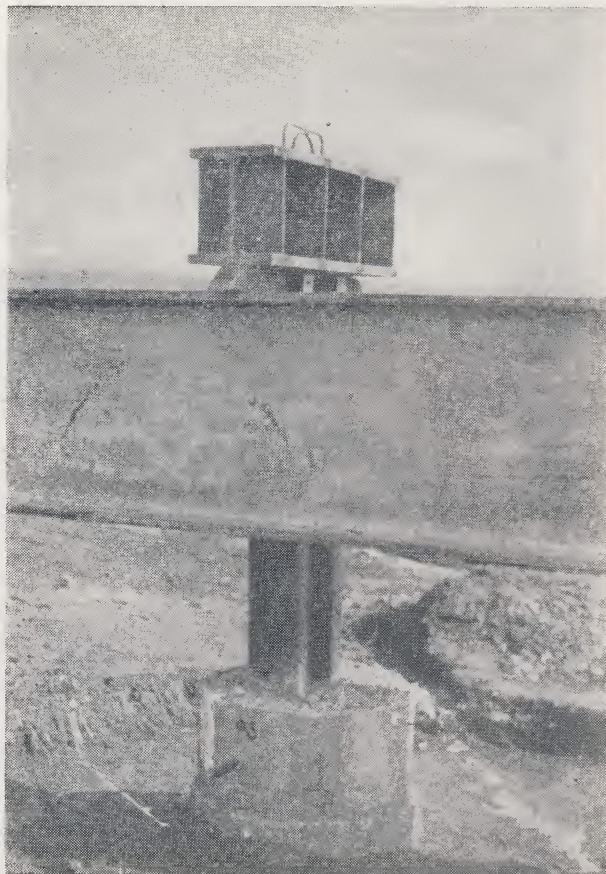
na nulu temelj se vratio u prvobitan položaj. Pri ponovnom opterećenju do veličine sile izvlačenja Z = 90 t elastična deformacija iznosila je 1,6 mm dok je plastična deformacija, posle rasterećenja na nulu, iznosila 0,5 mm. Pri dejstvu sile izvlačenja Z = 90 t na površini terena oko temelja br. 2 pojavile su se prve pukotine. Širina pukotina kretala se u granicama od 0,2 — 3,1 mm.

Na sl. 10. prikazano je snimanje repera 3 na temelju br. 2 dok su na sl. 11 i 12 pokazane prve pukotine oko temelja br. 2.

Pri daljem opterećenju se postigla veličina sile izvlačenja $Z_{max}$ = 100 t. Vertikalne deformacije su se stalno povećavale bez priraštaja sile, tako da je pri toj sili praktično nastupilo čupanje temelja. Posle izvlačenja od 20 mm sila je opala na vrednost Z = 84 t i pri toj sili je nastavljeno dalje čupanje temelja.

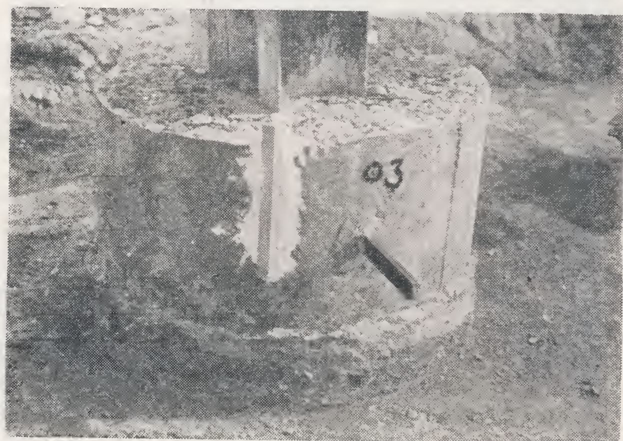
Na sl. 13 prikazan je temelj br. 1 na kome je bila postavljena presa, u fazi kada je opterećenje

iznosilo oko 120 atm odnosno oko 60 t pritisaka, pri čemu je sila izvlačenja na temelju br. 2 iznosila oko Z = 90 t.



*Sl. 8: Temelj br. 2 sa ubetoniranim ankerima*

U poslednjoj fazi opterećenja, kada je postignuto izvlačenje temelja br. 2, pukotine u tlu oko temelja su se proširile. Na sl. 14. prikazan je temelj br. 2 sa pukotinama u tlu posle sloma tla. Širina pukotine iznosila je do 19 mm.

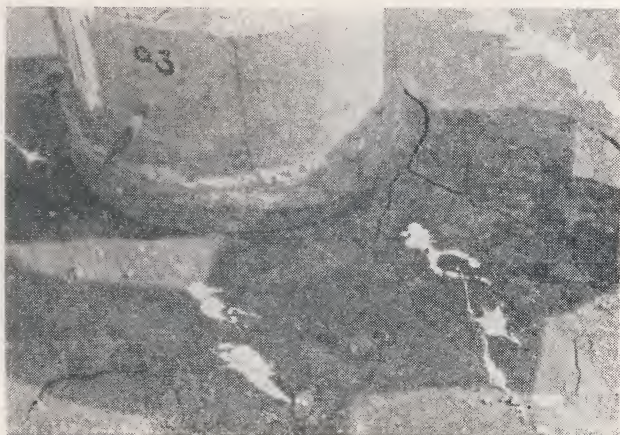


*Sl. 9: Detalj temelja br. 2 sa ankerima, reperom za precizno snimanje i milimetarskom podelom za grubo osmatranje*



*Sl. 10: Snimanje repera br. 3 na temelju br. 2*

Dijagram, u kome apscise pretstavljaju silu izvlačenja Z u t a ordinate izdizanje temelja u mm, prikazan je na sl. 15.



*Sl. 11: Pojava prvih pukotina u tlu oko temelja br. 2*

Na dijagramu su pokazane karakteristične tačke P, R i B. Tačka P prestavlja granicu domena u kome je izdizanje proporcionalno sili izvlačenja, odnosno granicu proporcionalnosti. Tačka R prestavlja opterećenje pri kome su se pojavile prve



*Sl. 12. Pojava prvih pukotina u tlu oko temelja br. 2*

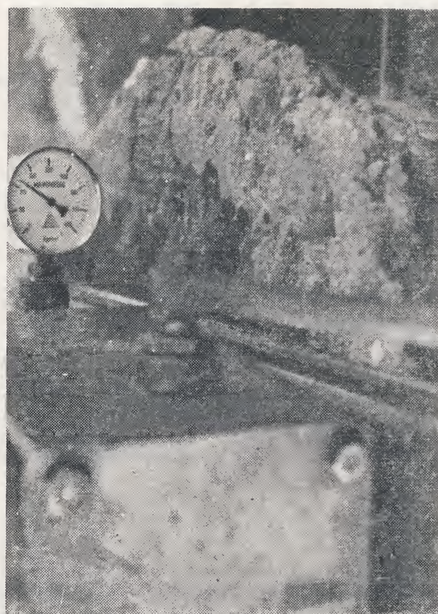
pukotine na površini tla oko temelja. Tačka B pokazuje maksimalnu silu izvlačenja odnosno silu sloma.

Posle završenog opita izvršeno je otkopavanje temelja br. 2, da bi se utvrdilo do koje dubine su nastale pukotine. Tom prilikom je konstatovano da su one dostigle dubinu od najviše 1 m ispod površine terena.

4. P r o r a č u n v e l i č i n e s i l e i z v l a č e n j a

Ukupna sila koja se suprostavlja sili izvlačenja $Z_f$ sastavljena je iz dva dela:

$Z_f = Z + G$ 21



*Sl. 13. Temelj br. 1 sa presom u fazi kada je opterećenje iznosilo oko 120 atm.*

gdje je:

Z = sila smicanja duž površine sloma

G = sopstvena težina temelja

U ispitivanom slučaju težina temelja iznosi:

$G = F.\,L.\,\gamma_b = 0{,}40^2 \times 3{,}14 \times 7{,}20 \times 2{,}50 = 9{,}0$ t

Stvarna sila trenja iznosi:

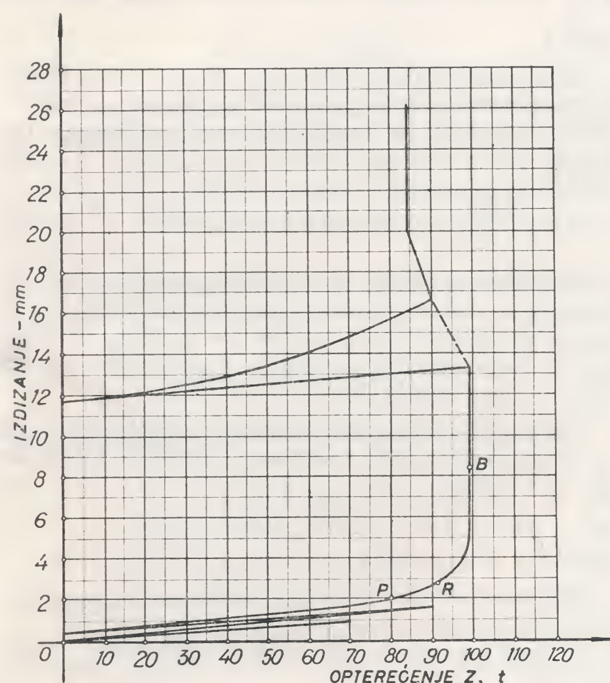
$Z = Z_f = G = 100 - 9 = 91$ t



*Sl. 14: Temelj br. 2 sa pukotinama u tlu posle sloma tla*

Kao što je posle opita otkopavanjem utvrđeno, površina po kojoj se odigralo smicanje je ustvari vertikalan cilinder sa istim poprečnim presekom kao i horizontalna projekcija temelja.

$F\tau = 0{,}80 \times 3{,}14 \times 5{,}90 = 14{,}80$ m²




*Sl. 15: Dijagram zavisnosti sile izvlačenja Z i izdizanja*

Sila trenja po jedinici površine iznosi:

$$T = \frac{Z}{F\tau} = \frac{91{,}0}{14{,}8} = 6{,}1 \text{ t/m}^2$$

Proračun prema teoriji zemljanog pritiska daje maksimalnu silu izvlačenja:

$$Z_f = G + Z$$

gdje je G sopstvena težina temelja i u ovom slučaju iznosi G = 9 t.

$$Z = R_b' = 0{,}90\, \xi_o \cdot \gamma_e\, t^2\, R\, \pi\, \mu_b \qquad [22]$$

$$\xi_o = t_g^2 (45 + \frac{\varphi}{2}) = 2{,}46; \; \mu_b = 0{,}50$$

Pri određivanju sile trenja uzima se, prema Müller-u i Fröhlich-u, 90% od pasivnog zemljanog pritiska.

Na osnovu Terzaghievih ispitivanja, Girkman i Königshofer preporučuju koeficijenat trenja $_b\mu$ = = 0,42 — 0,50 a najviše $\mu_b = 0{,}75$.

$R_b = 0{,}90 \times 2{,}46 \times 1{,}80 \times 5{,}90^2 \times 0{,}40 \times$
$\times\, 3{,}14 \times 0{,}50 = 87$ t

Sili trenja Z = 91 t odgovara koeficijenat trenja $\mu_b = 0{,}52$.

Prema Fröhlich — Majer-u (6), veličina maksimalne sile koja se suprostavlja izvlačenju $Z_f$ može se odrediti prema sledećem izrazu:

$$Z_f = G + Z = G + 2R\,\pi\,\gamma\,k_1\,(D - V)^2 + \frac{4}{3}$$
$$\pi\,(D - V)^3)K_1^2 \qquad [23]$$

$$Z_f = 9{,}0 + 2 \times 0{,}40 \times 3{,}14 \times 1{,}80 \times 0{,}19 \times 5{,}90^2 +$$
$$+ \frac{4}{3} \times 3{,}14 \times 5{,}90^3 \times 0{,}19^2 = 9{,}0 + 29{,}8 + 31{,}0 =$$
$$= 70 \text{ t}$$

Eksperimentalnom metodom Mors (7) je odredio veličine faktora C u jednačini za proračun maksimalne sile koja se suprostavlja sili izvlačenja temelja.

$$Z = \frac{2R}{1 + c}\,\gamma\,(D - V)^2\, tg\,\varphi\, tg^2 (45 + \frac{\varphi}{2} \qquad [24]$$

Koristeći podatke iz terenskog opita izvlačenja temelja a vodeći računa o karakteristikama tla u kome je opit izvršen, dobija se veličina faktora $C \simeq 1$, što odgovara tabličnim vrednostima Morsa za ovu vrstu materijala.

Za stvarne dimenzije kružnih temelja 2R = 2,0 m primenom teorije zemljanog pritiska dobija se sila izvlačenja:

$R_b' = 0{,}90 \times 2{,}46 \times 1{,}80 \times 5{,}90^2 \times 1{,}0 \times$
$\times\, 3{,}14 \times 0{,}50 = 218$ t

Sopstvena težina temelja iznosi:

$$G = \frac{2{,}0^2 \times 3{,}14}{4} \times 7{,}20 \times 2{,}50 = 52 \text{ t}$$

Ukupna sila koja se suprostavlja sili izvlačenja iznosi:

$$G + R_b' = 52{,}0 + 218{,}0 = 270 \text{ t}$$

Po metodi smičućih napona, koju primenjuje firma Motor Columbus, Baden, dobija se maksimalna sila $Z_f$ koja se sastoji od sopstvene težine i sile trenja

$$Z_f = G + Z = 52{,}0 + 2{,}0 \times 3{,}14 \times 5{,}90 \times 6{,}10 =$$
$$= 52{,}0 + 226{,}0 = 278 \text{ t}$$

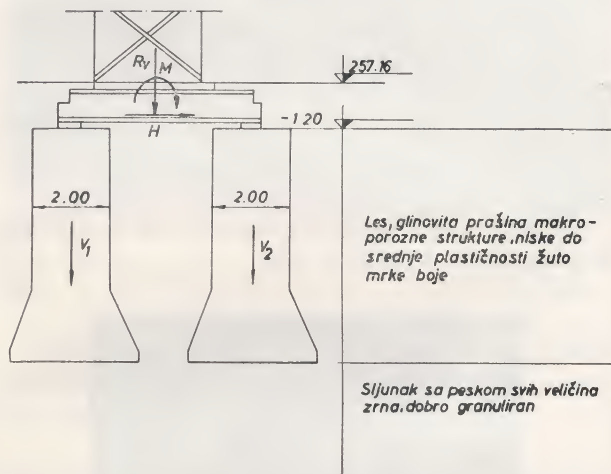
Prema Fröhlich-Majeru, maksimalna sila $Z_f$ koja se suprotstavlja sili izvlačenja iznosi prema jednačini [23]:

$$Z_f = G + Z = 52{,}0 + 2 \times 3{,}14 \times 1{,}80 \times$$
$$\times\, 5{,}90^2 \times 0{,}19 + \frac{4}{3} \times 3{,}14 \times 5{,}90^3 \times 0{,}19^2 =$$
$$= 52{,}0 + 74{,}5 + 31{,}0 = 157{,}5 \text{ t.}$$

## III. Proračun graničnog i dozvoljenog naprezanja temeljnog tla

### 1. Statički uticaji

Posle izvršenih laboratoriskih i terenskih ispitivanja, usvojena su po dva kružna temelja ispod svakog stuba. Prečnik temelja iznosio je 2 R = 2,0 m s tim što su se vršila proširenja stope u dnu, u zavisnosti od statičkih uticaja i veličine dozvoljenog naprezanja tla na pritisak.




*Sl. 16: Shematski presek kroz temelj i nožicu stuba*

Na sl. 16 prikazan je shematski presek kroz temelj i nožicu stuba, sa statičkim veličinama koje deluju na temelj.

Ove vertikalne sile $R_v$ i momenta M, na temelje se prenose sile pritisaka $V_1 = 50$ t i $V_2 = 330$ t. Pri tome je ukupna horizontalna sila H = 39 t. Za odgovarajuću šemu opterećenja sila izvlačenja dostiže najveću vrednost od $Z_{max} = 70$ t.

### 2. Proračun graničnog i dozvoljenog naprezanja temeljnog tla

Proračun graničnog naprezanja sproveden je za ugao trenja $\varphi = 30^0$ i kohezija c = 0. Prečnik kružnog temelja na proširenom delu u posmatranom slučaju iznosi 2 R' 3,0 m.

Granično naprezanje ispod temelja kružnog poprečnog preseka može se odrediti prema jednačini Terzaghi-a.

$$q_f = 1{,}3\, cNc + \gamma D_f N_q + 0{,}6\, \gamma R N_\gamma \qquad [25]$$

gde je:

$c$ — kohezija tla
$\gamma$ — zapreminska težina tla
$R$ — poluprečnik kružnog temelja
$D_f$ — dubina fundiranja
$N_c, N_q, N_\gamma$ — faktori nosivosti koji zavise od ugla trenja

$$q_f = 2{,}0 \times 4{,}0 \times 22{,}8 + 0{,}6 \times 1{,}0 \times 1{,}50 \times 21{,}0 =$$
$$= 182 + 19 = 201 \text{ t/m}^2 = 20{,}1 \text{ kg/cm}^2$$

Primenjujući teoremu korespodentnih stanja Caquot i Kérisel određuju veličinu graničnog naprezanja ispod temelja koji su ukopani za dubinu h i leže na nekoherentnom tlu:

$$q_f = \gamma L S_1' + \gamma h S_2 S_2' \qquad [26]$$

gde je:

$$S_1' = b \frac{\cos\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right)}{1 - \sin\varphi} \qquad [27]$$

$$S_2 = \mathrm{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right) e^{\pi\, \mathrm{tg}\, \varphi} \qquad [28]$$

$$S_2' = \frac{e^{\left(\frac{\pi}{4} - \varphi\right) \mathrm{tg}\, \varphi}}{\cos\varphi\, \mathrm{tg}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right)} \qquad [29]$$

Kao što je pokazao Prandtl, faktori $N_c$ i $N_q$ se mogu izračunati rasmatranjem teoretskog slučaja tla bez težine $\gamma = 0$. Tada je:

$$N_q = e^{\pi\, \mathrm{tg}\, \varphi}\, \mathrm{tg}^2\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right) \qquad [30]$$

$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{cotg} \varphi \qquad [31]$$

U principu bilo bi moguće proračunati i faktor N razmatranjem specijalnog slučaja nekohezivnog i neopterećenog tla ($c = 0$ i $\gamma h = 0$). Međutim, još nije dokazano da postoji odgovarajuća linija sloma, koja je i statički i kinematički moguća.

Lundgren i Mortensen (8) su pokazali liniju sloma koja je statički ali ne i kinematički moguća. Međutim, ovakvo dobijene vrednosti za $N_\gamma$ su suviše niske.

Brinch Hansen (9) daje bolju aproksimaciju za vrednost faktora N sledećim izrazom:

$$N_\gamma = 1{,}80\, N_c\, \mathrm{tg}^2\varphi = 1{,}80\,(N_q - 1)\, \mathrm{tg}\,\varphi_\gamma \qquad [32]$$

Do vrlo sličnih vrednosti $N_\gamma$ došao je Meyerhof (10), upotrebljavajući približnu liniju sloma, sličnu pretpostavkama Lindgrena i Mortensena.

Uglu unutrašnjeg trenja $\gamma = 30^0$ odgovaraju faktori nosivosti $N_c$, $N_q$ i N prema jednačinama [30], [31] i [32].

$$N_c = 30{,}1$$
$$N_q = 18{,}4$$
$$N_\gamma = 18{,}1$$

Uzimajući u obzir faktore dubine i faktore oblika temelja, Brinch Hansen određuje veličinu graničnog naprezanja prema sledećem izrazu:

$$q_f = C N_c s_c d_c + \gamma D_f N_q S_q d_q + 0{,}5\, \gamma B\, N_\gamma\, S_\gamma\, d_\gamma \qquad [33]$$

pri čemu su faktori S i d ustvari faktori oblika temelja i njihove dubine.

Kao što je ranije rečeno za veće vrednosti $\frac{D}{B}$ faktor $d_c$ mora da teži asimptotski jednoj konačnoj vrednosti.

Prema Brinch Hansen-u empirička formula [8] zadovoljava ovaj zahtev.

Kada se odredi $d_c$, faktor $d_q$ se može izračunati pomoću sledećeg izraza:

$$d_q = d_c - \frac{d_c - 1}{N_q} \qquad [34]$$

Što se tiče faktora $d_\gamma$ on bi se morao računati usvajajući $c = 0$ i $\gamma D_f = 0$, što znači da je tlo iznad nivoa fundiranja nekohezivno, bez težine i neopterećeno. Stoga je opravdano uzeti $d_\gamma = 1$.

Teoretski proračun faktora oblika S u vezi sa veličinom graničnog naprezanja je veoma težak u trodimenzionalnom slučaju. Međutim, mogu se dobiti empirički podaci iz modelskih opita.

Prema Skempton-u (2) za slučaj $\gamma = 0$ može se primeniti sledeća empirička formula:

$$S_c^o = 1 + 0{,}2 \frac{B}{L} \qquad [35]$$

Prema Mayerhof-u (3) za kružni temelj faktor $S_q$, koji je za pesak približno jednak faktoru $S_c$, ne prelazi vrednost od 1,2 za rastresit pesak dok je veći od 2,0 za zbijen pesak. Veličina ovih faktora ne menja se samo u zavisnosti od ugla već i od odnosa D : B.

Brinch Hansen preporučuje sledeću empiričku formulu za faktor oblika.

$$S_c \cong 1 + (0{,}2 + \mathrm{tg}^6\varphi) \frac{B}{L} \qquad [36]$$

gde je B kraća strana pravougaonog temelja

$$S_\gamma = 1 - \frac{1}{2}(0{,}2 + \mathrm{tg}^6\varphi) \frac{B}{L} \qquad [37]$$

Faktor $S_q$ se može izračunati pomoću jednačine analogno izrazu [34], kada se odredi faktor $S_c$.

Granično naprezanje tla, prema jednačini [33] koristeći izraze [8], [34], [36] i [37], iznosi:

$$q_f = 0{,}50 \times 1{,}0 \times 18{,}1 \times 0{,}88 \times 1{,}0 +$$
$$+ 2{,}0 \times 4{,}0 \times 18{,}4 \times 1{,}24 \times 1{,}33 =$$
$$= 8{,}0 + 242{,}0 = 250 \text{ t/m}^2 = 25 \text{ kg/cm}^2.$$

## IV. Zaključci

1. Terenski opit za izvlačenje, izveden sa temeljem prečnika 2 R = 0,80 m pokazao je da sila trenja po jedinici površine omotača iznosi $T = 6{,}1\ t/m^2$.

2. Opitom je utvrđeno da se veličina sile izvlačenja Z = 91 t vrlo dobro slaže sa silom izvlačenja proračunatom po teoriji zemljanog pritiska $Z = R_b' = 87$ t, kako preporučuju Müller i Fröhlich.

3. Veličina sile izvlačenja Z = 87 t dobija se uvođenjem u račun koeficijenta trenja $\mu_b = 0{,}50$, kako na osnovu ispitivanja Terzaghi-a preporučuju Girkman i Königshofer. Izvedenim opitom je proverena i potvrđena vrednost koeficijenta trenja $\mu_b$.

4. Postupak po Majer-u daje znatno nižu vrednost sile izvlačenja od veličine utvrđene opitom.

5. Na osnovu podataka dobijenih iz terenskog opita na izvlačenje temelja, utvrđeno je da temelji kružnog poprečnog preseka 2 R = 2,0 m mogu da prime sopstvenom težinom i trenjem po omotaču maksimalnu projektom predviđenu silu izvlačenja Z = 70 t. Ovaj prečnik je usvojen s obzirom na manju dubinu ukopavanja odnosno manju visinu u pojedinim redovima stubova hale, s tim da koeficijenat sigurnosti protiv izvlačenja iznosi najmanje $F_{z\,min} = 2{,}50$. Kako je opit na izvlačenje izvršen bez proširenja temeljne stope a temelji su izvedeni sa proširenjima, to će ovaj faktor sigurnosti biti ustvari još veći.

6. Proračunom je dokazano da temelj prečnika 2 R = 0,80 m može da primi horizontalnu silu veličine H = 29 t. Kako se na svaki od dva kružna temelja ispod stuba prenosi polovina ukupne horizontalne sile predviđene projektom H = 20 t, to će kružni temelj stvarnih dimenzija 2 R = 2,0 m sa sigurnošću primiti horizontalnu silu koja mu se poverava. Pri tome je ostvaren minimalni koeficijenat sigurnosti $F_{H\,min} = 2{,}5$.

7. Temelji izabranog kružnog poprečnog preseka prečnika 2 R = 2,0 m zadovoljavaju u pogledu prijema vertikalnih sila pritisaka i njihovog prenošenja na temeljno tlo. Proširenja temelja su izvršena tako da se maksimalno naprezanje na tlo kretalo u granicama $q_a = 5{,}0 — 5{,}50\ kg/cm^2$. Uzimajući u obzir najmanje dobijenu vrednost graničnog naprezanja tla, koeficijenat sigurnosti protiv sloma tla iznosi $F_f = 3{,}0$.

8. Ovakvim načinom fundiranja, gde su mesto masivnog temelja dimenzija $A \times B = 9 \times 4$ m predviđena po dva temelja kružnog poprečnog preseka sa prečnikom 2 R = 2,0 m, omogućeno je vrlo povoljno prenošenje velikih momenata M u nožici stuba razlaganjem na spreg vertikalnih sila koje deluju na kružne temelje.

9. Predloženi i usvojeni način fundiranja na temeljima kružnog poprečnog preseka daleko je ekonomičniji od masivnih temelja, koji su već bili izvedeni u tri reda hale, kada su započeta izložena ispitivanja. Ekonomski efekat se može dovoljno jasno sagledati najgrubljim upoređenjem površine poprečnog preseka masivnog temelja $A \times B = 36\ m^2$ sa presekom dva kružna temelja $2 \times R^2 = 6{,}28\ m^2$.

Radi potpunije slike napominje se da samo hala vruće valjaonice ima oko 220 temelja i da je isti način fundiranja primenjen i kod hladne valjaonice i drugih objekata.


## Rezime

U članku su prikazani rezultati terenskog ispitivanja veličine otpora sili izvlačenje kod kružnih temelja. Prečnik ispitivanja temelja iznosio je 2 R = 0,80 m a dužina L = 5,9 m. Opitom je utvrđeno da sila trenja po jedinici površine iznosi $T = 6{,}1\ t/m^2$. Ovoj vrednosti odgovara koeficijenat trenja $\mu_b = 0{,}52$ što se dobro slaže sa vrednostima koje preporučuje Terzaghi.

Osim toga, prikazan je način proračuna horizontalne sile koju može da primi temelj datih dimenzija.

Na osnovu dobijenih rezultata izvršenih ispitivanja i proračuna prethodno projektovani masivni temelji zamenjeni su daleko ekonomičnijim temeljima kružnog preseka.



LITERATURA

1. Brinch Hansen (1963): Earth pressure calculation, Teknisk Forlag. Copenhagen.
2. A. W. Skempton (1951): The Bearing capacity of Clays. Proc. Build. Res. Congr. London.
3. G. G. Meyerhof (1951): The Ultimate Bearing Capacity of Foundations. Géotechnique.
4. A. W. Bishop (1958): Test Requirements for Measuring the Coefficient of Earth Pressure at Rest. Proc. Conf. Earth Pressures. Vol. I. Brussels.
5. Brinch Hansen (1959): Definition und Grösse des Sicherheitsgrades im Erd- und grunbau. Bauingenieur, Heft 3.
6. J. Majer (1955): Zur Berechnung von Zugfundamen. Österreichische Bauzeitschrift. Wien.
7. H. Mors (1959): Das Verhalten von Mastgründungen bei Zugheanspruchung. Die Bautechnik, Heft 10 Berlin.
8. H. Lundgren i K. Mortensen (1953): Determination by the Theory of Plasticity of the Bearing Capacity of Continuous Footings on Sand. Proc. of the II Inter. Conf. on Soil Mechanics. Vol. II Zürich.
9. J. Brinch Hansen (1960): Direkte fuundering. In. »Fundering«. Teknisk Forlag. Copenhagen.
10. G. G. Meyerhof (1955): Influence of Roughness of Base and ground — Water Conditions on the Ultimate Bearing Capacity of Foundations. Géotechnique. London.

*S naših i inostranih gradilišta*

# EKSPERIMENTALNA DIONICA HIDROIZOLACIJE NA TUNELU 3 — PRUGE BRADINA—KONJIC

Ing. **Petar Bosnić**, Sarajevo

**Uvod**

Na mnogim našim saobraćajnicama dosad je izgrađen relativno veliki broj tunela. Istina je da su ovi objekti kod putova ranije bili rijetki, jer su uvjeti kod provođenja trasa omogućavali da se oni izbjegavaju. Međutim, suvremeni zahtjevi u pogledu većih brzina i sigurnosti saobraćaja postavili su nove uvjete za provođenje ovih saobraćajnica, tako, da su već sada mnoge terenske prepreke na novim putovima savladane tunelima. Na primjer na putu Sarajevo — Mostar, između Raštelice i Jablanice izgrađeno je 4 tunela sa dužinom oko 1800 m. Rješenja s tunelima su se pokazala kao potpuno ispravna i pružaju znatne koristi tako, da se u buduće kod modernizacije postojećih putova, a svakako pri izgradnji novih, očekuje smjelije prihvaćanje ovakvih rješenja.

Geomorfološke osobine terena s jedne strane i tehnički elementi trase s druge strane, učinili su da kod željezničkih pruga imamo veliki broj tunela. Naročito nepovoljni uvjeti pokazuju se kod izgradnje novih pruga, koje se provode mahom kroz terene s mnogo prepreka, kao što su vododjelnice, vijugave i ispresijecane riječne doline, klizišta i drugo. Pri trasiranju željezničkih pruga težilo se je da se izbjegnu skupi dugački tuneli, što se u nekim slučajevima postiglo, ali se nisu mogli izbjeći kraći tuneli, te se oni kao podzemni objekti javljaju u većem broju. Tako na primjer na novoj pruzi Sarajevo — Ploče, na dijelu između Bradine i Konjica, čija je dužina 26 km, ima 46 tunela s dužinom od 12,8 km. Odnos tunela prema otvorenoj pruzi karakterizira teren koji je izrazito težak i mogao bi poslužiti kao izuzetan slučaj. Primjer je karakterističan u toliko, što je na ovaj način savladana jedna teška vododjelnica, a zatim što se u rezultatu rada oko izbjegavanja jednog dugačkog tunela, dobilo više kraćih, čija je ukupna dužina znatna.

Dakle, kod izgradnje saobraćajnica uopće, i pored težnje da se prilagodimo terenskim uvjetima u cilju izbjegavanja prepreka, prinuđeni smo da mnoge riješimo izgradnjom tunela.

Zbog velikog broja tunela neosporno je potrebno razmotriti neke probleme, koji se odnose na njihovo građenje i održavanje.

**Zaštita tunela od vode**

Tunel se radi pod zemljom i izložen je podzemnoj vodi, koja prolazi kroz tlo i kroz obzid tunela, ulazi u tunel, gdje se manifestira u raznim pojavama zavisno o količini.

Saobraćajni tuneli kod nas su većinom projektirani i građeni tako da se kroz njih provede saobraćajnica, bez posebnih uvjeta u pogledu zaštite od vode. Ovo je bilo razumljivo, jer se u tom pogledu nisu ni postavljali uvjeti. Upravo kod željezničkih tunela, vuča vlakova parnom lokomotivom se obavlja i kroz tunele u kojima ima vode. Ne bi se moglo reći da ova voda ne smeta, jer vlaži i ledi tračnice, te smanjuje trenje, zatim smanjuje vijek trajanja tračnica, pragova i pribora. Zaštita od vode nije izvođena jer se smatralo da nije ekonomski dovoljno opravdana. Međutim, uvođenje električne vuče kod vlakova postavlja novi zahtjev u pogledu izolacije tunela od vode, jer vode u tunelu stvaraju smetnje u kontaktnom vodu. Mala voda u kapima zimi stvara ledenice koje mogu spojiti vod s terenom, te odvesti struju, ili mogu da spoje vod neposredno s vozilom, što može izazvati neugodne posljedice po sigurnost saobraćaja. Veća količina vode koja neprekidno curi, opet na isti način odvodi struju ili je može prenijeti na vozilo.

Svaki putni tunel koji je u pravcu a duži je od 200 m. treba da se osvjetli, a ako je u krivini, treba da se osvjetli kad je duži od

$$L = 1{,}5\sqrt{R \cdot b}$$

gdje je

R = polumjer krivine

b = širina svjetlog otvora tunela

Električne vodove i instalacije treba zaštiti od vode.

Voda u putnom tunelu zimi stvara led na kolovozu koji veoma nepovoljno utječe na vuču vozila a uz to je opasan za sigurnost vozila, te je tunel teško održavati.

Kod saobraćajnih tunela nastaju, dakle, novi zahtjevi koji postavljaju i nove zadatke pri izgradnji. Svakako da će se ovi zadaci odnositi i na postojeće tunele ukoliko oni moraju da zadovolje navedene uvjete.

S gledišta izvođenja hidroizolacije na podzemnim objektima, mi nemamo velikog iskustva. Da bi se dobio odgovor na neka pitanja iz ove problematike, izvedeni su probni radovi na jednom željezničkom tunelu.

**Hidroizolacija kod željezničkih tunela**

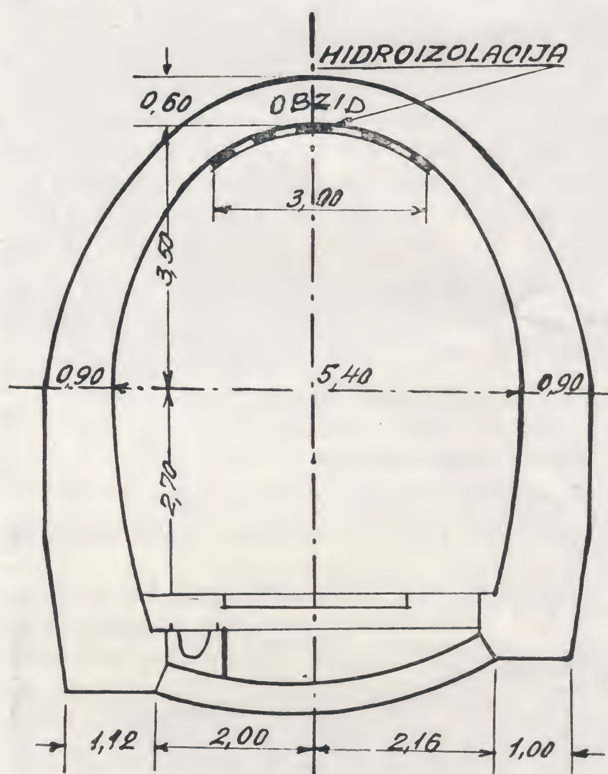
U tehničkim uvjetima građenja željeznica, hidroizolacija za tunele se spominje i razvrstana je prema tipovima. Međutim, pored ove podjele, propisi nisu dali ništa detaljnije u pogledu tehničkog izgleda i načina izvođenja. Radi toga treba prethodno propisati svrhu hidroizolacije i uvjete njenog izvođenja.

Svrha hidroizolacije željezničkih tunela proističe iz potrebe da kontaktna mreža s nosačima bude u suhom prostoru. Kontakni vod je u tunelu

pričvršćen u tjemenu svoda, te je otuda određeno mjesto koje treba izolirati. Prostor koji je minimalno potreban da zaštiti vod, iznosi 3 m širine. Jasno je, da je u ovom slučaju izolacija ograničena, te samo djelomično djeluje. Zaštićen je prostor kontaktnih uređaja, djelomično tračnice i pragovi, a obzid je nezaštićen. Obzid je, dakle, prepušten djelovanju vode, te ukoliko je ona agresivna, potrebno je da se on zaštiti, a u koliko nije, onda imamo slučaj iz dosadašnje prakse.

Pri izboru mjesta hidroizolacije postoje dvije mogućnosti. Ona se može izvesti na poleđini svoda — do terena, ili s unutrašnje strane.

U oba slučaja djeluje samo djelomično, odnosno veći dio obzida ostaje nezaštićen, pa će pri izboru odlučiti ekonomski faktor.




*Sl. 1: Poprečni presjek tunela*

**Izvođenje hidroizolacije**

Tuneli su specifični inženjerski objekti na koje utječu mnogi faktori, različiti, i koje je teško sve obuhvatiti i pravilno ocijeniti. Na ovome se zasniva nesigurnost pri izradi projekta i povećava se rizik pri izvođenju radova, što neosporno ima utjecaja i na izvođenje hidroizolacije. Ako posmatramo samo tri utjecajna faktora, i to materijal kroz koji se prokopava tunel, zatim obzid, i, najzad, pojavu vode, može se zaključiti, da su oni povezani. Upravo gdje se javlja slabiji materijal, javlja se i voda a obzid je na tom mjestu najteže kvalitetno dobro izvesti. U ovakvim tunelima težnja je graditelja da što prije stavi obzid, što je u suglasnosti sa općim principom izrade tunela. Međutim, kad se držimo ovog principa onda se izolacija ostavlja i rješava kao naknadni posebni zadatak. Hvatanje vode i njeno kanaliziranje prije obziđivanja je svakako najbolji način, ali izvođenje ovog rada kod klasičinh metoda izrade tunela u spletu podgrade i oplate — je vrlo teško.

Uz to ovaj posao zahtijeva dosta vremena i pažljiv rad, a to je baš u suprotnosti s naprijed iznijetim principom. Teškoće izvođenja hidroizolacije vezane su, dakle, s teškoćama izrade tunela, i otuda se ovo počinje javljati kao problem.

Pojava vode u tunelu je faktor promjenljive veličine, po mjestu, prostoru, količini i vremenu. Probijanjem tunela mijenja se režim podzemnih voda jer ih tunel navlači, a često je u stanju da ih izdrenira, tako da se samo povremeno jave. Neodređena pojava vode, kao i činjenica da nismo uvijek u mogućnosti da vodu pri građenju potpuno odstranimo, stavljaju nam najčešće u zadatak da vodu odstranimo nakon dovršenja tunela.

Prema uvjetu koji se postavlja kod željezničkih tunela, mjesto gdje treba da se izvede izolacija — tjemeni svod — predstavlja najnepogodniji dio tunelskog profila i to kako s gledišta izvođenja, tako isto i u pogledu djelovanja. Odavde proističe drugi problem hidroizolacije tunela.

**Načini izvođenja hidroizolacije**

Izvođenje izolacije na poleđini obzida predstavlja velike teškoće a uz to dosta košta. S obzirom na ovo, kao i njeno djelomično djelovanje, ako se ograniči na prednji zadatak, onda je prirodno da je prednost na strani izolacije s unutarnje strane.

Izolacija s unutarnje strane može da se izvede na više načina. Potrebno je ustanoviti koji je način tehnički najbolji a ekonomski najpovoljniji. Da bi u tom pogledu dobio odgovor, investitor za izgradnju pruge Sarajevo — Ploče odlučio je da se na tunelu broj 3, pruge Bradina — Konjic, izradi probna dionica.

Zahvaljujući tome da se ovom problemu pristupilo blagovremeno, bilo je omogućeno svim zainteresiranim da u problemu učestvuju, bilo u izradi projekta ili prijedloga, načinu izvođenja, ili pak u pogledu primjene proizvoda. Radove je izvodilo poduzeće »Elektrosond« iz Zagreba.

Tunel broj 3 je izabran za izvođenje proba zbog svojih karakterističnih osobina. Nalazi se na km 29 + 270 do 29 + 960 pruge Sarajevo — Ploče. Dužine je 690 m, u nagibu s 19,5 promila. Tunel je padinski s malim nadslojem, što karakterizira većinu tunela na ovoj pruzi. U geološkom pogledu tunel prolazi kroz paleozojske škriljce, koji su na izlaznoj strani tunela raspadnuti i predstavljaju vodonosni pokrivač. Jednim dijelom tunel siječe granicu između baze i pokrivača, pa se ovdje javlja voda u najvećoj količini. Raspadnuti materijal proteže se na dužini oko 200 m. Položaj i nagib slojeva paleozojskog škriljca pružaju se prema pravcu padine, tako da stvaraju pogodne uvjete za pojavu izvora i podzemnih tokova, koje je tunel presjekao i sproveo u unutrašnjost. Tunel se nalazi na padinama Ivan planine, na koti 745 m. Rađen je klasičnom novom austrijskom metodom,

pri čemu su oplata a djelomično i podgrada zabetonirani. Zabetoniran je do tjemenog svoda, koji je zatim zidan betonskim kvaderima. Pri izvođenju radova bilo je zarušavanja, što svjedoči da su radovi izvodenja bili dosta teški.

Voda se u tunelu javlja u raznim količinama, počevši od vlaženja pa do isticanja u velikim količinama. Uz to ova voda se mijenja po količini, pod uticajem padavina i može se pojačati nekoliko puta. Voda je prethodno ispitana i rezultati su pokazali da ona nije agresivna prema betonu.

Projekat koji je izrađen za ovu dionicu sadržavao je 4 načina izvođenja hidroizolacije:

a) injektiranje
b) torkretiranje s primjenom preparata
c) torkretiranje s primjenom juvidur polucijevi
d) primjena proizvoda »Bitumenka«.



*Sl. 2: Portal tunela*

Prva tri načina su izvedena s uspehom, dok četvrti način nije izveden, jer je primjena bitumenskih proizvoda na mokrim površinama teška, a uz to zahtijeva posebni noseći svod, koji dosta košta, te se odustalo od izvođenja.

a) I n j e k t i r a n j e

Ovaj način izolacije po svojoj funkciji spada u vanjsku izolaciju, jer štiti obzid i unutrašnjost tunela od vode. Izveden je s unutrašnje strane tunela, na dužini od 30 m.

Bušotine su postavljene na razmaku od 2 m, dubine 0,50 m, iza obzida. Injekcionu masu je sačinjavala mešavina cementa PC 250 i gline. Na ovu smjesu se dodavala voda, tako da se dobije plastična masa pogodna za utiskivanje. Glina je uzeta s Kobilje Glave, kod Sarajeva, a analizom, koja je izvršena u poduzeću »Elektrosond«, ustanovljen je njen sastav, a prema ovome određen je odnos mješanja. Injekcioni pritisak je dostizao vrijednost do 10 atmosfera. Pri ovom pritisku na jednom mjestu je injekciona masa izbijala na površinu terena, što je razumljivo, jer mali nadsloj tla nije imao dovoljno natpritiska.

Na površini od 90 $m^2$ tunelskog obzida bušeno je 25 bušotina. U prvoj bušotini utrošeno je 16.800 l smjese. Smjesa je izbijala kroz obzid u tunel i prema mjestu pojave moglo se zaključiti da se ona kretala po cijeloj vanjskoj površini tunela, od vrha svoda do visine nivelete. Duž tunela lijevo i desno od prve bušotine masa se pojavljivala na odstojanju od oko 20 m. Utisnuta masa u prvoj bušotini zapunila je veći dio šupljina i obrazovala je u tlu tijelo koje je s jedne strane ograničilo prostor pružanja mase iz drugih bušotina, tako da su one primale ograničenu količinu mase. Međutim, masa utiskivana u ove bušotine pojavljivala se u pravcu napredovanja radova, ali isto tako po cijelom profilu tunela od vrha do dna. Injekciona masa se kretala u tlu potpuno nekontrolirano i odlazila tamo gdje mi nismo želili, u unutrašnjost tunela i na površinu terena. Zbog toga se trošilo mnogo više injekcione smjese nego što bi to bilo dovoljno za određeni prostor u tunelu, koji treba izolirati.

Pored velikog utroška injekcione smese, površina obzida nije bila suha nego su se mjestimično pokazivala mjesta vlaženja i procurivanja.

Voda koja je izbijala u većoj količini, s injektiranjem se razbila u tolikoj mjeri da se na površini mogao nabaciti torkret malter. Ovo nekad može biti dovoljno, ali je isto tako dosta skupo ako bi se primjenilo isključivo u svrhu razbijanja koncentracije vode. Dakle, injektiranje kao samostalan način izvođenja hidroizolacije ne može da garantira uspjeh, te se mora kombinirati s drugim načinima. Uz to na mjestima gdje je nadsloj mali, ne može se postići pritisak pod kojim bi sve šup-



*Sl. 3: Postrojenja za injektiranje*

ljine mogle da se ispune, tako da injektiranje ne bi bilo uspješno na mjestima koja redovno dolaze u obzir za hidroizolaciju, a to su doportalni dijelovi tunela.

b) Torkretiranje s primjenom preparata

Pošto je prethodno utvrđeno da voda nije agresivna u odnosu na beton, to je ona puštena da prolazi kroz obzid, tako da se na unutarnjoj površini zatvore putovi njenog isticanja. Najjednostavnije bi bilo torkretirati površine malterom. Međutim, na mjestima gdje voda ističe, makar i u manjim količinama, teško je nabaciti torkret jer ga voda brzo ispere ili tiho stvori film između površine obzida i sloja torkret maltera, tako da, on nakon izvjesnog vremena otpadne ili se odvoji od zida, i time pruža mogućnost vodi da ide po njegovoj površini i da traži mjesto za prolaz. Zimi se zadržana voda na ovom mjestu ledi, i lomi torkret. Znači, treba površinu prethodno zaptiti, a onda preći na nabacivanje torkret maltera.

Zaptivanje površine, vršeno je na taj način što su zatvarana pojedina mjesta gdje se voda pojavljivala. Kao zaptivno sredstvo primjenjena je smjesa cementa PC 250 i preparata »Binda 4a«, (u tečnom stanju). Ovakva smjesa, koja se napravi u vidu tijesta, ima osobine da brzo veže, dobro prianja za površinu zida, ne propušta vodu. Ove osobine je čine pogodnom za primjenu kod zaptivanja, jer je u stanju da se suprostavi djelovanju vode koja je zaptivena.

Da bi se pritisak vode na zaptivenu površinu smanjio, prilikom rada na površinu se stavljaju kratke cijevčice od gume ili plastične mase, kroz koje voda prolazi koncentričnim isticanjem, sve dok se torkret ne nabaci i dok se ne stvrdne. Kada je površina jednog prstena od 6 m dužine bila zaptivena, pristupalo se torkretiranju. Nabacivanje torkret maltera vršeno je u tri sloja, ukupne debljine 30 mm. Nakon stvrdnjavanja torkreta, vršeno je skidanje cijevčica i zatvaranje otvora na koji je voda isticala.



*Sl. 4: Površina pripremljena za torkretiranje*



*Sl. 5: Zaptivena površina pomoću preparata*

Primjenom preparata »Binda 4a« zaptiven je dio tunela površine 20 m² obzida, na kome je voda sticala u velikoj količini u vidu razbijenog izvora. Kao dodatno sredstvo malteru dodavan je »Ceresit«. Njegov zadatak je da smanji vodocementni faktor i da time poboljša malter s gledišta propusnosti.

U tehničkom pogledu ovaj način je potpuno uspjeo. Međutim, rezultati su pokazali da je na izvršenih 20 m² površine zida utrošeno oko 150 kg »Binda 4a« po cijeni od 1270 din/kg. Ako se ovome doda rad, dobija se cijena samo za zaptivanje preko 10.000 din/m².

Spojnice na sastavima tunelskih prstenova obrađene su također zaptivanjem. U ovu svrhu upotrebljen je »Soral kit« kao plastična masa, preko kojeg je ostavljan »Pintoka dünn« kao zaptivno sredstvo. Svi ovi aparati su uvezeni.

c) Torkretiranje s primjenom juvidur polucijevi

Sastoji se u tome da se voda na površini obzida, pohvata sistemom, polucijevi i sprovede u odvodni kanal tunela. Ovaj način je primjenjen 1958. god. na putnom tunelu Crnaja, na putu Konjic—Jabla-

nica, i do sada je pokazao dobre rezultate. S obzirom na druge uslove, isproban je i na tunelu br. 3 pruge Bradina—Konjic.

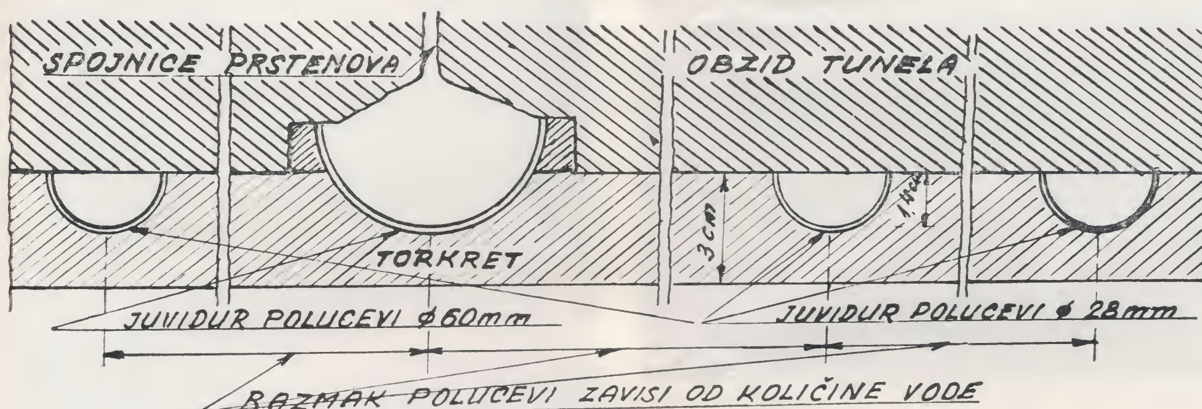
Cijevi primjenjene za ovu svrhu su od plastične mase — juvidura, naše prizvodnje. Presječena na pola, po dužini, dobijene su polucijevi koje su vrlo lake za obradu, te su prethodno savijene prema radiusu zakrivljenosti konstrukcije poprečnog prosjeka tunela.

Polucijevi su ugrađivane na dva načina, i to: neposredno po površini obzida i u prethodno izrađene kanale u obzidu. Po površini bez usjecanja su ugrađivane polucijevi promjera 28 mm, dok su na

— s polucijevima se odstranjuje hidrostatski pritisak, koji može nastati uslijed zaptivanja površine zida.

**Osmatranje i upoređenje izvedenih radova**

Radovi su završeni maja 1962. godine. Jednu godinu su bili osmatrani i u tom vremenu su bili izloženi djelovanju dosta duge zime i mraza. Oba načina tj. torkretiranje s primjenom preparata i način s primenom polucijevi pokazali su zadovoljavajuće rezultate. Injektiranje nije moglo da zadovolji kao samostalan način, te bi ga u daljem poređenju izostavili.




*Sl. 6: Sistem Juvidur polucijevi sa torkretom*

spojnicama prstenova vršena usjecanja kanala u koji su stavljane poucijevi promjera 60 mm.

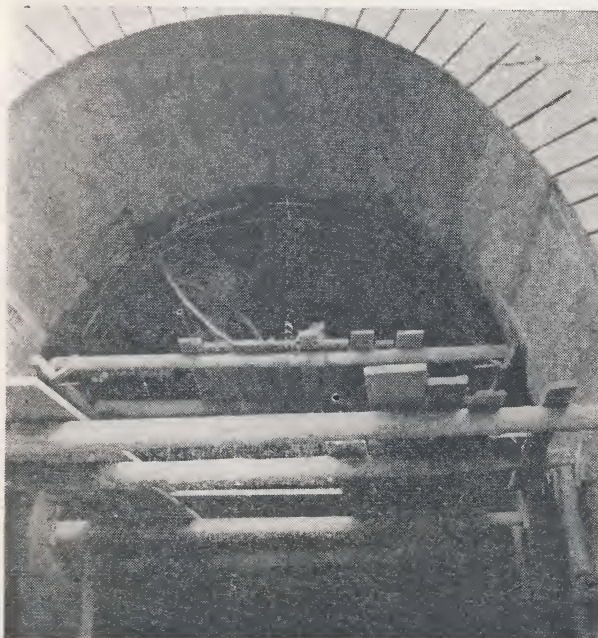
Poucijevi su s otvorom stavljene na zid i brzovezujućim malterom pričvršćene u pravcu koji je upravan na podužnu osovinu tunela. Razmak polucijevi se podešavao prema količini vode, odnosno prema mjestu isticanja. Na mjestima gdje se voda javljala po površini, polucijevi su stavljane na razmak od 0,30 do 1,00 m. Prostor između polucijevi je zaptivan, tako da su zatvarana pojedina mjesta gdje voda izlazi, te je ovim postupkom voda natjerana da ide u polucijevi, čime je vršeno izvjesno dreniranje. Osušena površina zida na ovaj način je pripremana za nabacivanje torkret maltera.

Zadatak polucijevi u sistemu hidroizolacije je u slijedećem:

— pri izvođenju radova voda se kanališe polucijevima i time joj je otvoren put za slobodno oticanje. Površine između polucijevi se time mogu s lakoćom zaptiti, osušiti, odnosno pripremiti za nabacivanje torkreta,

— postavljene polucijevi po površini zida presjecaju put tečenja vode na granici zida i torkreta, i tako ograničavaju površinu njenog djelovanja. Koristeći ovu osobinu, omogućeno je djelomično izvođenje izolacije duž tunela, odnosno izvođenje samo na mestu pojave vode,

Važno pitanje u pogledu kvaliteta jeste kakav uticaj ima smrzavanje, što je naročito važno kod primjene polucijevi. Poznato je, naime, da voda pri



*Sl. 7: Ugrađivanje polucijevi*

smrzavanju povećava svoju zapreminu za 9%, pri čemu se javlja sila koja može odvaliti cijevi ili torkret. Ovo se nije dogodilo ni u jednom slučaju, što se može objasniti time da cijevi ni u jednom



*Sl. 8: Ugrađivanje Juvidur polucijevi*

trenutku nisu bile napunjene vodom, nego je mala količina vode, prelazeći u led, imala slobodnog prostora za širenje. Sila koja je nastala na kraju uslijed povećanja zapremine, bila je male veličine, i



*Sl. 9: Završni dio tunela*

nije bila u stanju da razorno djeluje; nije uticala na kvalitete izvedenih radova. Ovo što se odnosi na polucijevi važi također i za torkret, u slučaju ako je podloga obzida porozna, pa se može dogoditi da se voda u šupljinama smrzne i povećanjem zapremine da odlijepi torkret, odnosno da ga polomi. S obzirom na to da je obzid izrađen od dobrog betona, odnosno betonskih kvadera, do ove pojave nije došlo ni na jednom mjestu.

Ako se uporedi torkretiranje s primjenom preparata i sistem s polucijevima, uočavaju se razlike koje se javljaju u slijedećem:



*Sl. 10: Završena dionica tunela*

Kod torkretiranja s primjenom preparata vrši se potpuno zaptivanje vode, pri čemu može doći do hidrostatskog pritiska, koji djeluje na izolaciju, a zatim zaptivena voda stalno traži mjesta za prolaz u torkretu.

Sistem s polucijevima ide za tim da vodi omogući slobodno oticanje, pri čemu se ne kvari ravnoteža koja je nastala prokopavanjem tunela.

Kod izvođenja zaptivanja površine stavljaju se cjevčice koje privremeno omogućuju prolaz vodi. Ako se uporedi jedna polucijev promjera 30 mm s cjevčicama promjera 1/2 cola, proizlazi da na 1 $m^2$ jedna polucijev može da zamijeni oko 200 komada ovakvih cjevčica.

Ovim se omogućuje brži i lakši rad u borbi s vodom. S gledišta ekonomičnosti, pri ovakvom načinu se manje troši zaptivnih sredstava, te ako se uzme u obzir da su ova sredstva uvozna, onda je korist neosporno znatna.

Polucijevi su pogodne baš kod željezničkih tunela, zbog toga što voda iz njih slobodno izlazi na površinu zida ili neposredno pada po zastoru, te ne dolazi do začepljenja, a mogu se kontrolirati.

**Rezime**

Uvođenjem električne vuče na prugama postavlja se zahtjev da kontaktni vod bude u suhom prostoru. U cilju zaštite kontaktnog voda potrebno je izraditi hidroizolaciju na tunelima koji se sada rade, kao i na onim koji su ranije izgrađeni. Izvođenje i pravilno funkcioniranje izolacije u tunelima predstavlja problem u uslovima koji se postavljaju zadatkom. Radi toga što u ovom pogledu nemamo stečenog iskustva, izvršena je probna dionica na jednom tunelu, na kojoj su izvedena tri načina hidroizolacije. Nakon osmatranja dobiveni su rezultati u pogledu kvalitete, cijene koštanja i izvođenja, što će poslužiti kao podloga za izbor najpogodnijeg načina za primjenu na tunelima nove pruge Sarajevo — Ploče.

## *Kratke vijesti*

### Inicijativa jednog investitora vrijedna pažnje

Razmatrajući, kao dobar gospodar, načine i mogućnosti izgradnje većeg socijalno-zdravstvenog objekta u Zagrebu, investitor je smatrao, da će to najbolje i najsvrsishodnije rješiti ako izgradnju povjeri odgovarajućoj građevinskoj »Inženjering« organizaciji, u smislu čl. 55 Zakona o izgradnji investicionih objekata, koja će objekat projektirati, izgraditi i opremiti. Međutim, ta inicijativa investitora naišla je prilikom realizacije na odlučan otpor organa financiranja i kontrole, zbog toga što bi se izgradnja objekta povjerila građevinskoj »Inženjering« organizaciji izravno bez raspisivanja licitacije. Takav stav zauzeo je i građevinski organ grada Zagreba, ali je njegovo rješenje povučeno u žalbenom postupku u kojem je dokazano da su postojeći propisi o ustupanju radova u suprotnosti s čl. 55 Zakona o izgradnji investicionih objekata. Naime, usvojeno je stanovište investitora, koji je smatrao, poučen dotadanjim »iskustvima« s projektantima, licitacijama i izvedbom u redovito prekoračenim rokovima, a naročito u cijenama kod obračuna, — da se prema postojećim propisima to može najbolje rješiti na dva načina:

1. da se traži s već razrađenim građevinskim programom i idejnim rješenjem (prethodno dobiveno kao najbolje na internom natječaju investitora) izravno od jedne građevinsko-privredne organizacije, koja projektira i gradi, dalja izrada investicionog programa, investicione tehničke dokumentacije, izgradnje i nabavke opreme na bazi konkretno određene svote i roka (dokumentirane analizama cijena i projektom organizacije rada) koje može mijenjati samo investitor eventualnom promjenom projekta u okviru tolerancije sveukupnog ugovorenog iznosa za najviše do 5%.
2. da se putem javnog oglasa ili prikupljanjem ponuda traži (i plati po unaprijed određenoj cijeni) od građevinsko-privrednih organizacija, koje su registrirane kao »Inženjering« organizacije, da na temelju građevinskog programa investitora dadu svoja idejna rješenja s kompletnom razradom investicione tehničke dokumentacije i konkretnom ponudom za građenje i opremu s time, da ju može mijenjati samo investitor eventualnom promjenom projekta u okviru tolerancije na ponuđenu svotu za najviše do 5%.

Usvojen je prvi način, koji je brže izvodljiv i jeftiniji s obzirom na određena investiciona ulaganja investitora (inače za veća ulaganja isplati se tražiti više projektnih rješenja zbog većeg izbora, naročito izvođačkih rješenja koja će biti radi toga bazirana prvenstveno na brzom i ekonomičnom građenju) i o tome je doneseno odgovarajuće rješenje u smislu postojećih propisa. Međutim, ovo rješenje, iako je bilo bazirano na suglasnosti građevinskog organa grada Zagreba, da se projektiranje i izgradnja većeg socijalno-zdravstvenog objekta u Zagrebu ustupi izravno građevinsko-privrednoj organizaciji koja ima »Inženjering« organizaciju, smatrano je od financijsko kontrolnih organa kao nepravilno i kao prekršaj, pa je investitoru preostalo još jedino da traži od Sekretarijata za industriju Saveznog izvršnog vijeća tumačenje o ustupanju radova u smislu čl. 55 Osnovnog zakona o izgradnji investicionih objekata na koje je dobiven odgovor da: »... Prema čl. 50 st. 1 Osnovnog Zakona o izgradnji investicionih objekata, bliže propise o ustupanju izgradnje investicionih objekata imaju da donesu narodne republike svaka za svoje područje. S obzirom da SR Hrvatska nije još donijela propis o ustupanju izgradnje investicionih objekata, to se naslov može koristiti odredbama čl. 46—48 Osnovnog Zakona o izgradnji investicionih objekata i ustupiti izgradnju socijalno-zdravstvenog većeg objekta s izradom investicionog programa projekta, izvođenja i nabavku opreme j e d n o j građevinsko-privrednoj organizaciji koja je registrovana za ovu vrstu izgradnje.«

Kako je naš najviši organ ocijenio ovu inicijativu investitora izgradnje socijalno-zdravstvenog većeg objekta u Zagrebu kao ispravno, smatramo da je ona vrijedna pažnje i da će se uzeti u obzir kod sastavljanovih propisa o ustupanju izgradnje investicionih objekata u Hrvatskoj.

*Zvonko Sabolović*

### Plan izgradnje džinovskog objekta na Đerdapu

»Elektroprojekt« je s jugoslavenske strane glavni projektant hidroenergetskog i plovidbenog sistema Đerdap. Veći broj stručnjaka ove organizacije radi već više godina na idejnom projektu ovog gigantskog objekta. Između naše zemlje i susjedne Rumunije u decembru je potpisan sporazum o zajedničkoj izgradnji sistema Đerdap.

Idejni projekt se završava. On pored hidroenergetskih objekata obuhvaća i sve ostale neophodne objekte, kao što su: putovi, kanalska mreža, sistemi za odvod-

njavanje podzemnih voda, zaštita naselja, komunalnih objekata i dr.

Već izvršeno usaglašavanje idejnog projekta za osnovne objekte omogućilo je da se pristupi izradi glavnog projekta za skretanje rijeke. Pored ovog projekta, i glavni projekti za pripremne radove — koji će početi sredinom iduće godine — već su izrađeni. To omogućuje početak pripremnih radova u 1964. godini, kao i radove na zagatu u 1965. godini, u predviđenom roku. Istodobno s pripremnim radovima i radovima na zagatu u 1965. g. radit će se na izradi glavnog projekta objekta jer je već idejnim projektom tačno definirana, određena lokacija objekta, njihov raspored i dr.

Izradi idejnog projekta prethodili su raznovrsni, veoma opsežni i temeljiti prethodni istraživački radovi. Blizu 400 stručnjaka bilo iz »Elektroprojekta«, mnogobrojnih instituta iz čitave zemlje i pojedinih eksperata angažirano je na projektiranju, istraživačkim i drugim radovima. Sada su u toku istraživački radovi koji su neophodni za izradu glavnog projekta.

Hidroelektrana »Đerdap« na Dunavu po jačini instalirane snage spada u red nekoliko najvećih u svijetu. Hidroenergetski i plovidbeni sistem »Đerdap« sastoji se iz dvije mašinske hale smještene na lijevoj i desnoj obali, od kojh će svaka biti duga po 217 m, od prelivne gravitacione brane, s 14 prelivnih polja smještenih između mašinskih hala, u ukupnoj dužini od 441 m, zatim od dvije brodske prevodnice locirane na lijevoj i desnoj obali, u dužini od po 34 m, kao i od nasute zemljane brane za spoj s brdom u dužini od 178 m na desnoj i 106 m na lijevoj obali. Ukupno čitavi objekt koji će se pružati preko Dunava imat će više od 1200 m.

Mašinske hale bit će zatvorenog tipa. U svakoj od njih predviđeno je da se smjesti šest turbina, od kojih će svaka imati u promjeru 9,3 m. Ukupna visina mašinskih hala — od kote fundiranja do krova — iznosit će 67 m. Širina stope mašinske hale iznosi 79 m. U stvari, mašinske su hale sastavni dio brane. Temelji hale nalazit će se 23 do 24 m ispod, sadanjeg dna Dunava, na mjestu gdje će se podići.

Betonska gravitaciona brana bit će duga 441 m i imat će 14 prelivnih polja. Svako polje bit će široko 25 m. Zatvaranje prelivnih polja, do određene kote uspona vršit će se čeličnim tablama. Duž prelivne brane bit će postavljen niz stupova preko kojih će biti smještena kranska staza, kao i cestovni i željeznički most. Njena ukupna visina, od temelja do visine kranske staze, iznosit će 60 m. Da bi se spriječio utjecaj velikih i katastrofalnih voda prilikom prelivanja preko brane i uništila njihova energija, nizvodno od brane projektirano je betonsko slapište dužine oko 20 m. Širina stope same brane iznosit će oko 50 m.

Za prebacivanje brodova iz donjeg u gornji nivo vode i obratno, projektirane su brodske prevodnice. Maksimalna razlika dizanja i spuštanja broda u njima iznosit će 34,5 m. Brodske prevodnice projektirane su dvostepenasto, njihova širina iznosi 34 a dužina 310 m.

Na hidroenergetskom i plovidbenom sistemu »Đerdap« projektirane su putnička i željeznička veza koje spajaju lijevu i desnu obalu Dunava. Cestovna će veza sjeći srednju glavu prevodnice. U perspektivi je predviđeno i mjesto za izgradnju željezničkog kolosijeka, koji bi povezao jugoslavensku i rumunjsku željeznicu.

Usporavanjem Dunava na brani, formirat će se dugo, kanjonsko akumulacino jezero. Njegova dužina zavisit će od protoka u Dunavu, zapravo od prirodnog nivoa vode. U zavisnosti od toga, dužina jezera će se kretati od 132 pa sve do 250 km, znači negdje sve do Zemuna. S obzirom na to da čitavo područje Đerdapa predstavlja klisuru i da dolina duž njega ima kanjonski izgled, akumulaciono jezero će se neznatno proširiti. Ono će na našoj strani potopiti Donji Milanovac, Sip, Tekiju, Mosnu, Veliko i Malo Golubinje i Dobru. Dalje uzvodno od klisure, akumulaciono jezero se bitno ne proširuje iznad sadanje širine korita Dunava. Razumije se da će zaštita naselja u ovom području zahtijevati da se izvrši rekonstrukcija postojećih nasipa, zatim kanala za odvođenje podzemnih voda, i to kako na banatskoj strani tako i na području od Smedereva do Velikog Gradišta.

Kod Sipa na mjestu gdje će se graditi gigantski objekt »Đerdap« i u Kladovu poćet će već za pola godine pripremni radovi. Oni treba da osiguraju one neophodne uvjete za početak radova na izgradnji same centrale jer u 1965. god. treba da se izvrši skretanje riječnog toka i podizanje zagata, uz istodobno osiguranje nesmetane plovidbe kroz Đerdap.

Za veliki broj radnika i stručnjaka koji će čitavih sedam godina biti angažirani na izgradnji sistema, potrebno je već u 1964. podići stambena naselja i sve ono što je neophodno za smještaj i život ljudi na gradilištu. Predviđa se podizanje dvaju naselja — jedno stalno u Kladovu, i drugo privremeno u neposrednoj blizini samog gradilišta. Projektanti ističu da će ovo drugo naselje biti tako projektirano, da će se kasnije moći adaptirati i koristiti u turističke srvhe.

U 1964. treba rješiti i jedno vrlo delikatno pitanje — preseljenje prvog dijela stanovništva s područja koje će postati plijen budućeg dugog kanjonskog akumulacionog jezera. Mjesto Sip, koje leži samo 2 km udaljeno od budućeg objekta, nalazi se prvo na udaru. Prema dosadanjim procjenama, s područja koje će popiti buduće jezero, na našoj strani, treba da se preseli oko 10.000 ljudi. Na rumunjskoj strani pod vodom će se naći Oršava, Ogradina i veći broj drugih manjih mjesta.

Pored preselenja stanovništva trebat će rješavati i pitanje preseljavanja proizvodnih privrednih organizacija, premještanje komunikacija, podizanje javnih zgrada, komunalnih objekata itd. Osim toga treba sačuvati i mnoge historijske objekte i spomenike, od kojih se neki već stoljećima nalaze ovdje.

Kad se izgradi brana na Dunavu u sistemu Đerdap sva brodarska dunavska poduzeća moći će da grade plovidbene objekte veće nosivosti, čak i do 4000 t nosivosti, te uvedu sistem potiskivanja umjesto teglenja.

Izgradnju hidroenergetskog i plovidbenog sistema »Đerdap« mnogi već sada nazivaju velikim poduhvatom decenije. Potpisivanjem sporazuma između SFRJ i Rumunije. vizija giganta na Dunavu, o kome je decenijama maštano, počinje da se pretvara u stvarnost. Na rijeci po dužini drugoj u Evropi, gradit će se brana po veličini također druga u Evropi.

Snaga dunavskih voda proizvodit će svake godine 11 milijardi kilovat-sati električne energije.

*R. P.*

# PREFABRIKATI

ZAKLJUČKOM REDAKCIJA ČASOPISA PREFABRIKATI I GRAĐEVINARA, PREFABRIKATI ĆE IZLAZITI U SASTAVU NAŠEG LISTA. MOLIMO ZA SURADNJU.
UREDNIŠTVO.

## OPĆENITA ISKUSTVA IZ STAMBENE IZGRADNJE U FRANCUSKOJ

Ing. **Zvonimir Boehm** i Ing. **Milan Kružičević**, Zagreb

### 1. Izgradnja naselja

Prije svega treba napomenuti da je način stambene izgradnje takav da se forsira izgradnja čitavih novih naselja i to s ogromnim brojem stanova. Ovakva nova naselja smještaju se 10—20 km izvan gradova na pogodnom terenu. Gradilišta su vrlo velika te se na jednom gradilištu gradi od 1.000—10.000 stanova. To su čitave nove četvrti u kojima su predviđeni trgovački centri, škole, obdaništa, zgrade administracije, dvorana za priredbe, kinodvorane, sportski objekti i tereni, igrališta, prostori za parkiranje vozila, garaže, crkve itd.

Za stambene objekte na takovom gradilištu usvojen je jedan, najviše dva tipa sistema građenja. Da bi se razbila monotonija, uslijed primjene istog sistema montažne konstrukcije, objekti se izvode razne dužine, tj. razni broj jedinica u nizu s različitim brojem etaža, počevši od pet katova do dvanaest katova i više. Osim toga često su fasade u raznim bojama, ali to nije pravilo. No najčešće su ipak primjenjena dva tipa i to jedan tip za duge i relativno niske zgrade (pet do osam etaža) i drugi tip za tornjeve od 12 i više etaža. Velike zelene površine, različita orijentacija objekata, različite visine, dužine i boje zgrada. Ubačeni prateći objekti i dr. razbijaju monotoniju premda je cijelo naselje izgrađeno po jednom ili dva sistema.

Već prema veličini ovakvih naselja postoji jedna ili više centralnih toplana, bilo da su izgrađene kao poseban objekat, bilo da su smještene u jedan od objekata, za okolnih 5—6 objekata.

Ta naselja, zapravo novi gradovi, smještena su nedaleko postojećih asfaltiranih cesta tako da je potrebna izgradnja samo male dionice nove ceste. Odmah po dovršetku naselja uspostavljaju se autobusne veze.

U takvim naseljima predviđene su različite veličine stanova od dvosobnih do peterosobnih. Stambene površine su male s obzirom na broj soba, ali to odgovara francuskom načinu života: svaka osoba ili bračni par ima posebnu sobu, premda malenu, te zajedničku sobu za dnevni boravak. Ta je soba redovito većih dimenzija, ali se često u nju ulazi sa glavnih ulaznih vratiju stana ili pak iz nekog predsoblja. No vrata iz predsoblja u dnevni boravak ponajčešće nema. Kako smo rekli, kvadrature stanova su vrlo male: Primjer iz naselja Athis — Mons kraj Pariza: dvosobni stan 36 m² trosobni stan m² četverosobni stan 62,5 m².

Za dnevnu sobu u pojedinim stanovima daje se slijedeći postotak ukupne kvadrature: kod dvosobnih stanova 35,8% (12,89 m²) kod trosobnih stanova 28,5% (15,41 m²) kod čotverosobnih stanova 24,7% (15,41 m²).

Stanovi obično imaju ugrađene ormare. Postotak površine pod ugrađenim ormarima: kod dvosobnih stanova 4,42%, kod trosobnih stanova 4,20%, kod četverosobnih stanova 3,61%.

Na gradilištu se izvodi 20 stambenih objekata dužine od 1,5 do 6 jedinica. Jedinica ima 4 stana, u prizemlju 2 dvosobna i 2 četverosobna, a u katovima 2 četverosobna i 2 trosobna stana.

Ukupno na gradilištu ima: 127 dvosobnih stanova, 508 trosobnih stanova, 635 četverosobnih stanova, ili ukupno 1.270 stanova.

Ukupno izgrađena kvadratura iznosi 102.000 m². Korisna površina je 71.000 m². Cijena m² korisne površine uključivo sve radove iznosi 57.000 F. (570 NF).

Komunalije naselja: ulice 17.000 m², prostor za parkiranje 7.000 m², aleje 9.000 m², stabla 1.200 kom, travnjaci 60.000 m², otpadna kanalizacija

4,7 km, odvod kišnice 5,5 km, vodovod 2,7 km, plinovod 3,0 km, niskonaponska mreža 5,0 km, visokonaponska mreža 1,5 km, javna rasvjeta 3,5 km.

Troškovi izgradnje: zgrade + kotlovnica 3.356,000.000 F nepredviđeni radovi 17,000.000 F teren 178,000.000 F priključci instalacija 375,000.000 F projekt i honorari 143,000.000 F prototip (4-sobni stan) 3,500.000 F.

## 2. Djelokrug rada i organizacija građevinskih poduzeća

Bitna je karakteristika francuskih građevinskih poduzeća da ona rijetko izvode radove na osnovu datog im projekta nego uglavnom svako poduzeće ima svoj projektni biro pa kod licitacije nudi i projekt i izvedbu. Ovo naročito važi za stambene objekte.

Naime, svako poduzeće se orijentiralo na jedan sistem gradnje, jedan postupak, bilo po projektu izgrađenom u samom poduzeću, bilo da se služi projektom za koji plaća projektnom zavodu odštetu (cca 6% od vrijednosti radova izvedenih po tom projektu).

Na taj način poduzeće radi uvijek jedan tip objekta (jedan montažni, polumontažni ili klasični sistem građenja) pa je u mogućnosti da sve faktore koji utiču na brzinu, ekonomičnost, estetiku i solidnost objekta u punoj mjeri uskladi i usavrši.

Poduzeće, čim se odlučilo na izvjestan tip objekta, odmah opskrbljuje odgovarajućom opremom za proizvodnju svih potrebnih elemenata, bez bojazni da će uložena sredstva biti nerentabilna jer će potpuno ista oprema služiti za mnogo objekata istog gradilišta, a kasnije i na mnogo novih gradilišta.

Poduzeće ima tada računa da pogon izrade elemenata opremi najsuvremenije, tj. da se snabdije čeličnim kalupima, hidrauličnim uređajem za podizanje i rastvaranje kalupa, dizalicama za vađenje i prijenos elemenata, zatim da se opskrbi svim mogućim alatima na električni ili pneumatski pogon.

Ujedno takvo poduzeće ima računa da se nakon dugih i ozbiljnih studija i ispitivanja odluči na izvjesnu vrstu materijala, pribora, stolarskih i bravarskih predmeta, da osigura njihovu redovitu dobavu stvarajući i zalihe jer nema bojazni da će izvjestan artikl ostati na skladištu, budući da je njegova upotreba predviđena na svakom objektu koji to poduzeće izvodi.

S druge strane, gradilište je opskrbljeno takvom mehanizacijom koja je najprikladnija za izvođenje radova po dotičnom sistemu. Svaki i najmanji rad olakšavan je i ubrzan upotrebom alata, koji je specijalno izrađen za određeni posao. Stručna, a i nekvalificirana radna snaga, radeći uvijek isti sistem toliko se usavrši u radu da je za svaki novi objekat potrebno manje vremena. Zbog tipizacije materijala, elemenata, obrtničkih predmeta, instalacija, alata, mehanizacije i pomoćnog pribora isključen je svaki zastoj u radovima, bilo zbog pomanjkanja materijala, bilo zbog čekanja na rješenje kojeg problema. Otpadaju sva rušenja i krpanja zbog instalacija tako da se i instalaterski radovi izvode u rekordnom roku i svode uglavnom na izradu spojeva i pričvršćenje.

Kod izrade netipiziranih pratećih objekata radovi se brzo izvode jer poduzeće ima projekt razrađen do u sitnicu, te su nemoguća iznenađenja i zastoji za vrijeme gradnje.

Da bi moglo na vrijeme izvesti sve vrste radova, a da s druge strane ne bi bilo preglomazno, poduzeće koje ugovara radove s investitorom, obavlja često samo dio poslova, dok uzima druga, manja i specijalizirana poduzeća za izradu ostalih radova npr. za zemljane radove, za temeljenje, kanalizaciju i sl. Također poduzeće ponajčešće nemaju svoj vozni park za snabdjevanje šljunkom, cementnom građom i slično, već rade s određenim prevozničkim poduzećem. Isto tako u mnogo slučajeva građevno poduzeće ne daje svu mehanizaciju, nego većinu dizalica, betonska postrojenja iznajmljuje od drugog poduzeća koje se samo time bavi. Naravno da ovakvo glavno poduzeće (poduzeće — pilot) snosi svu odgovornost za sve radove pred investitorom.

Osim projektnog biroa i grupe za izradu elemenata, poduzeće ima vrlo jaki biro za planiranje, jer se bez savršeno izrađenog plana ne da ni zamisliti organizacija ogromnih radova koje treba izvesti u rekordnim rokovima.

## 3. Gradilište i njegovo poslovanje

Organizacija gradilišta

Gradilištem rukovodi inženjer — direktor gradilišta. Njegov zadatak sastoji se u vođenju financijske politike gradilišta, kontroli izvršenja plana, kontroli rada neposredno podređenog osoblja, saobraćaju sa nadzornim inženjerom i upravom poduzeća.

Sve tehničke poslove na gradnji, organizaciju izvođenja radova, vode »vođe radova« (tehničari ili mlađi inženjeri). Redovito je jedan zadužen kao šef za montažu, drugi za ostale radove, a treći za proizvodnju elemenata (ako se izvode na gradnji).

Direktno rukovođenje radova na jedan ili više objekata ima »šef gradnje« (poslovođe u našem smislu), koji su često po kvalifikaciji tehničari. Oni izdaju naloge i primaju dnevne izvještaje od »šefova ekipa« (predradnici).

Na većem gradilištu ima 2—3 tehničara zadužena za izradu mjesečnih situacija, praćenje plana i izvještaja o izvršenju plana (po radnom vremenu i količinama).

Također 2—3 službenika vode materijalno knjigovodstvo gradnje, obračun i ispatu nadnica.

Projekt

Već je prije rečeno da je obično projekt izrađen u samom poduzeću i to u detalje. Mnogo rjeđe poduzeće izvodi radove po dobivenom projektu.

Prema tome uloga projektanta, nakon prihvaćanja projekta i njegove detaljne izrade, te kontrole po birou »Securitas«, svedena je na minimum. Nadzorni organ kontrolira da li se sve izvodi u skladu sa prihvaćenim projektom.

Nadzorna služba

Investitor na gradnji ima stalnog nadzornog arhitekta. Osim zadaće da kontrolira izvođenje radova u skladu sa projektom od kontrolira kvalitet i kvantitet, odobrava naknadne i režijske radove te prisustvuje uzimanju probnih kocaka. Nadzorni arhitekt sam vrši prijem objekta, a kao jedan od tri člana sudjeluje u definitivnom prijemu objekta. U pravilu jedini on, osim direktora gradilišta zna za cijene pojedinih poslova, kao i za ukupno pogođenu sumu. Ostalo osoblje na gradilištu uopće nije upoznato sa financijskim odnosima između investitora i izvođača.

Tehnička kontrola

Prije početka radova biro »Securitas« pregleda projekt i statički račun te daje suglasnost za izvedbu. U toku građenje vrši kontrolu ugrađenog materijala te gotovih elemenata. Atesti »Securitasa« dokumenat su za kvalitet izvršenih radova.

Nakon dovršetka rodava vrši se:

1. Privremeni prijem — kojeg vrši nadzorni arhitekt. Tom prilikom podnosi poduzeću spisak nedostataka.

2. Definitivni prijem — kojeg vrše tri člana: nadzorni arhitekt, direktor gradilišta i član iz »Bureau d'Education«.

Garantni rok

U većini slučajeva garantni rok ugovara se na 9 godina.

Penali

Ovi se ugovaraju sa 0,05% do 1% po danu već prema važnosti i hitnosti radova. Nadzorni arhitekt je mjerodavan za priznavanje produženja roka nastalog zbog preinaka ili nevremena.

Međutim, rijetko dolazi do mogućnosti primjene penala jer se radovi realno ugovaraju pa prema tome u glavnom i izvedu u roku. Ali i inače kod zakašnjenja, obično ne dolazi do primjene penala, tako da je njihovo plaćanje prava rijetkost.

Izdavanje radova

Radovi se ustupaju na dva načina: 1. licitacijom 2. direktno.

Licitacija se obično vrši tako da se iz općih postavki programa investitora pravi projekat i to svako zainteresirano poduzeće svoj te se prema tome nudi projekat i izvedba. Investitor, dakle, odabire izvođača kod kojeg mu odgovara i projekat i cijena. Rijetko se nudi po tuđem projektu jer je to nezgodno za poduzeća koja su se specijalizirala za izvjestan sistem — postupak građenja, naročito stambene izgradnje, budući da su oprema, mehanizacija, kadrovi usklađeni, odnosno specijalizirani za izvjestan tip objekta i sistem građenja.

Obrtničke radove redovito nudi građevno poduzeće kao svoje radove, a provodi prethodno za svoj projekat internu licitaciju s obrtnicima. Rjeđe investitor sam vodi obrtničke radove. Ne prakticira se uopće provođenje licitacije za obrtničke radove uz prisustvo nadzornog arhitekta te zaračunavanje manipulativnih troškova. Ovo se čini zato što se uvijek licitira kompletni objekat, a to je moguće jer je projektni elaborat potpuno dovršen u vrijeme licitacije.

Obračun radova

Postoje dva načina pogodbe: a) pogodba — ključ u ruke; b) pogodba — po količinama.

U oba slučaja postoji mogućnost da su radovi nuđeni po projektu izvođača, ili pak po tuđem projektu.

Kad se nudilo po vlastitom projektu, ne postoji mogućnost kasnije izmjene ukupne cijene pa bilo to da se pogađalo po pogodbi ključ u ruke ili po količinama. Čak ako se ustanovi, da je neki elemenat preslab u statičkom pogledu i da je potrebno izvesti jači, izvođač ne može tražiti nadoplatu jer je odgovoran za projekat u cijelosti, tj. nacrte, troškovnik i statički račun.

Iznimno, naravno, ima pravo na promjenu, ali samo u slučaju ako investitor naknadno zatraži promjenu prihvaćenog projekta bilo po količinama ili po upotrebljenom materijalu.

Ako se radi po tuđem projektu i troškovniku, onda izvođač kod pogodbe ključ u ruke ima pravo da naplati razliku samo u slučaju ako se ustanovi da treba mijenjati projekat. (Troškovnik, odnosno količine vadi izvođač sam iz projekta.)

Situacije se podnose jednom mjesečno, a odobrava ih nadzorni arhitekt.

Radno vrijeme — prekovremeni rad prinadležnosti

U pravilu se radi zimi 8 sati, a ljeti 10 sati. Subotom se radi do 12 sati Radni tjedan ima obaveznih 40 sati. Prekid od 1 sata za objed nije posebno plaćen. Ako radnik ima tjedno između 40 i 48 sati, dobiva na svaki sat preko 40 sati doplatak od 25 %.

Ako u tjednu radnik ima preko 48 sati, onda na svaki takav sat dobiva doplatak od 30%.

Rad po noći, nedjeljom i na blagdane nadoplaćuje se sa 100 %. Socijalna, zdravstvena zaštita, te godišnji odmari uglavnom su slični kao i kod nas. Postoji i dječji doplatak koji progresivno raste te stanarski doplatak za radnike s obitelji. Oba doplatka su znatna. Radovi na gradnji obračunavaju se radniku u režiji, ali i u normi. Isplata se vrši tjedno u obliku akontacije a svakih 15 ili mjesec dana definitivno se obračunava.

Plaće u građevinarstvu kreću se ovako:

— nekvalificirani radnici
190 do 220 F/S + 1000 F tjedno
— kvalificirani radnici
250 do 300 F/S + norma

Strojari na kranovima plaćeni su bolje od kvalificiranih radnika, a dnevno im se još obračunava 1 sat za čišćenje. Vođe radova (pomoćnici direktora gradilišta) imaju cca 100—150.000.— F. mjesečno. Direktor gradilišta prima od 150—300.000.— F. mjesečno.

**4. Materijali i gotove konstrukcije koje se najčešće upotrebljavaju**

U ovom poglavlju osvrnut ćemo se na sve elemente jedne stambene zgrade te naša zapažanja o materijalima koji se najčešće upotrebljavaju, o sistemima pojedinih konstrukcija itd. Zbog toga ćemo ovaj dio obraditi prema vrstama građevinskih i obrtničkih radova na stambenim objektima.

a) Temeljenje

Usprkos vrlo razvitoj industrijalizaciji zgradarstva, izvedba temelja je, osim malih iznimaka, uglavnom na tradicionalan način. Tek tu i tamo bio je upotrebljen sistem sa montažnim dijelovima temelja. Naravno da se nastoji mehanizirati radove na temeljenju pa već projekt često vodi računa o tome da je upotreba građevinskih strojeva za zemljane radove moguća i efikasna. Baš zbog toga, što se temeljenje izvodi na standardan način uvriježilo se u Francuskoj da se računanje potrebnog vremena za izradu objekta po izvjesnom sistemu prilazi od dana kad su dovršeni temelji pa čak i zidovi podruma sa stropom podruma.

U tom svijetlu treba promatrati, a i ocjenjivati pojedine rezultate koji se iznose kao rekordi u brzini izgradnje. Prava brzina efikasnosti upotrebe prefabriciranih elemenata nastaje tek od momenta kad se počinju slagati montažni dijelovi, a taj često nastupa nakon dovršetka podruma. Zbog toga je nerijetko slučaj da planiranje počinje s montažom panoa zidova prizemlja, dok se sve prije toga, a naročito izvedba temelja, računa u pripremni rok.

Prije smo naveli primjer izvedbe 50 stanova u 12 dana na objektu u Rouenu. Ovdje je u taj rok ušlo kao prvo montaža stropa podruma, dok su temelji i podrumski zidovi već ranije dovršeni, a naravno i svi ostali radovi na pripremi: pripremni objekti, montaža, kranovi i instalacija.

Prema tome, premda su razni sistemi — postupci građenja vrlo efikasni i znače veliki korak naprijed, ipak treba voditi računa da dio vremena koji je bio potreban za izvođenje prilično dugotrajnih i neugodnih radova, nije obuhvaćen u onim rekordnim rokovima koji se navode u prospektima. Kad smo već kod temelja, mogli bismo spomenuti da je fundiranje na armirano betonskim šipovima dosta često, naročito u oblastima oko vodenih tokova, gdje se dobro nosivo tlo nalazi prilično duboko pa bi kod fundiranja u iskopane temelje dolazilo do komplikacija s podzemnom vodom. Da bi čim više smanjili zemljane radove, najčešće je slučaj da se podove podruma izvodi tek 1 m ispod terena. Takvo situiranje dozvoljava zgodnu upotrebu podruma za garaže, ostave dječjih kolica i bicikla. Drvarnice zbog upotrebe centralnog grijanja nisu ni potrebne. Potreban ugljen za centralno grijanje dovozi se u mnogo slučajeva svakodnevno, a zalihe su često predvižene samo za jedan dan.

b) Nosivi zidovi, ispune i pregrade

Ovdje treba naglasiti vrlo veliku primjenu betona. Često je slučaj da su ovi zidovi, od podruma do najviše etaže od betona, bilo punog bilo kavernoznog. Debljina zidova je mala 20—30 cm jer se često primjenjuju uzdužni i poprečni nosivi zidovi pogodni za križno armirane pune stropne ploče.

Naravno da toplinska izolacija kod primjene betonskih zidova predstavlja poseban problem, ali treba voditi računa o tome da su temperaturne razlike u Francuskoj, a naročito u oblasti Pariza znatno manje nego kod nas. Posebna toplinska izolacija stavlja se na zabatne betonske zidove i to od polistirena uloženog među gipsane ploče, a sve izvedeno kao jedinstvena tabla. To se upotrebljava i za parapete. Između stanova nema posebne ni toplinske ni zvučne izolacije. Kvalitet betona je odličan zahvaljujući vrlo čistim agregatima i vrlo dobrim cementima. Čak kod kavernoznog, jednozrnog betona sa zrncima 15 mm vidjeli smo ateste, koji su potvrđivali slijedeće rezultate:

sa 275 kg/m³ cementa — čvrstoća nakon 7 dana — 196 kg/cm²
sa 272 kg/m³ cementa — čvrstoća nakon 28 dana — 221 kg/cm²
(gradilište IVRY — Gen. Leclerc — Paris)

Ovakve betonske zgrade najviše se grade u čeličnoj oplati za zidove i posebnoj čeličnoj oplati na kotačima veličine cijele prostorije za oplatu stropova. Ovakva se stropna oplata nakon očvršćenja betona spušta na postojeći strop niže etaže i izvlači kroz otvor na fasadi pomoću krana te ujedno premješta na iduću etažu. Čelična oplata zidova i stropova prilično je skupa, na kako se upotrebljava na vrlo velikom broju objekata istog tipa to se ona ubrzo amortizira.

Kod izvedbe istog sistema u jednozrnom betonu upotrebljava se za zidove oplata od čelične mreže u okvirima od čeličnih profila, a za stropove prednapregnuta montažna rebra s umecima od šupljih betonskih tijela. Osim ovih betonskih zgrada primjenjuju se mnogo skeletne konstrukcije s ispunom od raznih vrsta šuplje opeke ili šupljih bet. blokova, prefabriciranih u panoe. Zidanje nosivih zidova punom opekom prava je rijetkost. Naravno da se za izradu nosivih zidova, pregrada, ispuna, parapeta najviše upotrebljavaju prefabricirani elementi, bilo od šuplje opeke, bilo od betona sa slo-

jevima izolacije, bilo od armiranog betona kombiniranog s međuslojevima od poroznih lakih betona.

Moramo ovdje spomenuti da ima bezbroj vrsta šuplje opeke i za zidove i za stropove te za izolaciju (šuplje opeke 2 cm debljine). Kvalitet opeke je izvanredan. Prisustvovali smo probnom lomljenju šuplje opeke za stropove. U smjeru šupljina opeka je imala čvrstoću od 1.000 kg/cm$^2$. Ovakve kvalitete dozvoljavaju da se radi i nosivo zide za peterokatnice iz šuplje opeke slagane vertikalno u panoe. Pojedini sistemi imaju na fasadi stijene od raznog materijala veličine cijelog otvora između konstruktivnih zidova i stropova. Za takve stijene često se upotrebljava željezo i aluminij s međuslojevima od polistirena ili staklene vune u svrhu toplinske zaštite. Mnogo se upotrebljava neoksidirajući čelik (18% kroma i 8% molibdena). Pojedine fasade izvedene su kompletne od tog materijala. Pregradni zidovi u stanovima u najviše slučajeva prefabriciraju se na gradilištu i to najčešće od gipsa (miješan s kokosovim vlaknima i obostrano postavljenom jutom.) Dosta se rade i pregrade iz tankih opeka (betonirane u kalupima u vidu ponoa). I kod jedne i kod druge vrste radi se ili kompletne stijene s ugrađenim vratima ili elementi raznih širina, a visina odgovara visini etaže. Zbog smanjenja težine i boljih toplinskih svojstava gipsane ploče dobivaju u sredini limene cijevi $\phi$ 30 mm na razmaku od 2—3 cm. Ove pregrade proizvode se na gradilištu pod nadstrešnicama i to za nekoliko obližnih gradilišta. Površine su već obrađene i spremne za soboslikarske radove, jedino se uske reške prevuku gipsom nakon montaže. Spajanje pojedinih ploča vrši se uljevanjem rjeđeg gipsa morta u unutarnje reške.

c) Stropovi

Kad bi u nekoliko riječi trebalo okarakterizirati francusko građevinarstvo, tada bi kao jedan od najznačajnijih dojmova trebalo spomenuti široku primjenu punih betonskih ploča za stropove i to najčešće monolitnih. Ovaj sistem stropova dominira, bez obzira što je u cjelokupnom zgradarstvu najznačajnije montažno građenje. Mnogi montažni, prelazni i klasični sistemi upotrebljavaju te stropove bilo kao monolitne, bilo kao montažne. Ove zadnje rade se u lamelama ili u veličini cijele prostorije. I još nešto s ovim u vezi treba odmah spomenuti. Gotovo redovno je u tim podovima ugrađen vijugavi sistem za centralno grijanje tj. primjenjeno je zagrijavanje prostorija kroz stropnu konstrukciju. Mislimo da je to i razlog, zbog kojeg se tako često te ploče i primjenjuju. Ploče se izrađuju u debljini 13—15 cm zbog toga, što je ispitivanjima utvrđeno da je sama masa ploče dovoljna kao zvučna izolacija čim težina prelazi 320 kg po m$^2$. (Ovo važi i za ostale materijale.)

Ako se rade kao montažne. onda je pogled tih ploča rađen na limenom podu, tako da ne treba žbukanja, a gornja površina je također glazirana u kalupe. Cijevi za centralno grijanje i električnu instalaciju ugrađene su u kalupima i na pojedinim mjestima ostavljeni su manji izrezi za spajanje tih instalacija na sastavima ploča. Nastoji se da reške padnu na pregradne zidove, ali se one i kasnije kao vidljive mogu zatvoriti gipsanjem prije soboslikarskih radova.

Kod monolitnih ploča radi se oplata od tabla obloženih čeličnim limom ili od panel ploča položenih na mosnice koje opet leže na čeličnim rešetastim podvlakama, a ove na čeličnim podupiračima. Ploče se brižljivo slažu, a sastavci prekrivaju tankim trakama iz plastične mase da bi se izbjegle crte na pogledu krova. No eventualno nastale crte na sastavcima uklanjaju se električnim brusevima. Dakle i takve monolitne ploče ne dobivaju na podgledu žbuku, već samo soboslikarsku obradu.

Na oplatu se polaže armatura, najčešće dobavljena u odgovarajućim tablama u obliku mreže zavarene na križanjima šipaka. Nakon toga polaže se električna instalacija. cijevi za centralno grijanje »zmija« te cijevi za odvod i dovod vode. Betoniranje se vrši vibracionim ravnalima dužine 3—4 m. Gornja ploha se nakon betoniranja obradi čeličnim rotirajućim pločama na pogon komprimiranim zrakom, tako da je ploča poda od plastičnih masa ili sintetskih tkanina ili pod od »Parkex« ploča, mozaika i sl. Kod drvene i kod čelične oplate za stropove i zidove, baš zbog omogućavanja neposrednog ličenja bez žbukanja, pojavio se dosta složen problem takvog ulja za mazanje kalupa, bilo željeznih ili drvenih, koje ne bi kasnije loše uticalo na soboslikarsku obradu.

Nakon dugih studija i pokusa došlo se je do dva tipa takvog ulja i to: jedno za drvo i jedno za željezo. Ta ulja omogućavaju lako skidanje oplate, a nemaju štetan uticaj na nalič.

Od ostalih stropova u upotrebi su razne vrste stropova od šuplje opeke ili šupljih betonskih tijela, ali više kao elementi od 5,6 rebara nego kao pojedinačna rebra. Takvi elementi od nekoliko rebara također dobivaju, još u kalupu definitivnu obradu sa gornje i donje strane.

Postoji mnogo tipova prednapregnutih gredica, od kojih je vrijedno spomenuti tipove poduzeća »Veran — Costamagna« i to Inov i Rector. Ova rebra, naročito Rector, izrađuju se u raznim dimenzijama za razna opterećenja i raspone, a postavljaju se na razmak od 50 cm. Između rebara postavljaju se posebna tijela od šuplje opeke kao ispuna. Da bi pod bio iz istog materijala, samo prednapregnuto rebro na donjoj strani još prilikom izrade dobiva pločicu od opeke.

Spomenut ćemo ovdje još i rebričaste stropove sa gornjom i donjom betonskom pločom 4 cm koji se izrađuju u kalupima, dakle s obrađenim podgledom i gornjom površinom, ali kod kojih ostaje izgubljena oplata šupljina. No ova je od daščica od 10 mm, loše kvalitete — uglavnom kratki komadi, tako da troškovi nisu naročito povećani, a uštedilo se na betonu i težinama za transport i dizanje.

Dosta rijetko, ali ipak se ponekad ide za specijalnom zvučnom izolacijom stropova. Tada se izvode ormirano betonske ploče 8 cm i na njih se polaže sloj staklene vune već tvornički pripređene tako da je u vidu plahte debljine 1 mm (obložene papirom). Taj sloj polaže se papirom okrenutim na gornju stranu i na to se betonira podloga od 4 cm. Prisustvovali smo akustičkim pokusima u laboratorijima ĆSTB-a gdje smo ispod ploče slušali udaranje normiranih batića o takav strop i obični strop od pune ploče. Intenzitet zvuka smanjen je upotrebom sloja staklene vune za 80%.

d) Žbukanje

Već prije smo spomenuli da se žbukanja općenito izbjegavaju. Prefabricirani zidovi panoa i stropova dobivaju već u kalupima obrađene plohe: unutarnji panoi zidova s obje strane cementnu žbuku, a fasadni s jedne strane običnu cementnu žbuku, a s vanjske strane fasadnu od terabone, prirodnom od dolomitnog pijeska, mozaika od keramičkih pločica itd.

Žbukanje se pojavljuje uglavnom kod skeletnih sistema u slučaju kad ispuna nije prefabricirana te kod sistema koji upotrebljavaju jednozrni beton. No i tamo gdje se mora žbukati vrši se uglavnom gips mortovima, a stubišta cementnim mortovima.

Industrija proizvodi mnogo tipova gipsa, različitog po boji, vremenu vezanja, čvrstoći i podlozi za koju je prikladan. Rad s njime je mnogo brži, a i sušenje je brže. Dva zidara dnevno potpuno dovrše 40—60 cm² zidova. Jedan četvorosobni stan izrade za 5 dana kompletno. (sami donose i mješaju mort). Zidari koji rade gipsom dobro su plaćeni. Na prefabriciranim objektima sav rad na žbukanju sastoji se u tome da se spojnice elemnata pregipsaju.

Kako se stropovi uopće ne žbukaju, a na zidovima se samo spojnice prevuku mortom, te ima sitnih neravnosti o kojima bi naša komisija za kolaudaciju ispisala nekoliko stranica zapisnika. Međutim, u Francuskoj to nikog ne smeta i više drže do toga da je žbuka na zidovima odlične kvalitete da se opće ne osipa, nego da je savršeno ravna.

e) podovi

Glavna karakteristika: bez izolacija, podloga, slijepih podova. Tanke plastničke ploče, tepisi od plastičnih masa ili tepisi od sintetskog tekstila leže po cijeloj površini .nalijepljeni direktno na betonsku površinu međuspratne konstrukcije. Uglavnom su u upotrebi: »Dalami« i »Dalflex« ploče, debljine 3—4 mm veličine 30 × 30 koje se lijepe na beton. Često se upotrebljavaju »Parkex ploče debljine 8 m/m od sitnih drvaca zalijepljenih na papir. Ploče se lijepe na pod s papirom gore. Prije definitivnog dovršenja papir se izbrusi, a drvca nalašte. Zatim se mnogo upotrebljavaju cijeli »tepisi« od plastičnih masa. Bitno je to da su u upotrebi dobra ljepila i dobri materijali, tako da nema odizanja, odljepljivanja i pravljenja valova. Mnogo se upotrebljavaju i nalijepljeni vlaknasti tepisi »Tapiflex« po cijeloj prostoriji.

U južnim krajevima u upotrebi su i podovi od keramičkih pločica 4 mm veličine 2 × 2 cm nalijepljeni na papir i utisnuti na cementni mort.

Nakon vezanja papir se mokrom četkom odstrani. Inače se mnogo upotrebljavaju za tržište. Djeluje vrlo lijepo, a ima ih u svim bojama. Primjena ovakovih podova omogućena je time što je centralno grijanje u samim armiranim betonskim pločama pa ti podovi i nisu uopće hladni. Pa i kod radijatorskog grijanja, budući da se cijeli objekat zagrijava konstantno, ne osjeća se hladnoća tih podova. Za održavanje i izmjenu su vrlo prikladni. Evo nekih cijena:

| | | |
|---|---|---|
| »Dalami« ploče | 1.127 F/m² | s polaganjem ($ 2,25), |
| »Dalflex« ploče | 2.196 F/m² | ,, |
| »Parkex« ploče | 2.321 F/m² | ,, |
| »Tarpiflex« ploče | 1.313 F/m² | Mozaik — keramički podovi 2.625 F/m² |

Rad na polaganju podova odvija se vrlo brzo, a naročito jer su objekti jednog izvođača tipski, a tolerancije u dimenziji prostorije su svega 1—2 mm (prefrabricirane zgrade), tako da obrtnik donosi za svaku sobu odmah sve i po mjeri ih lijepi.

f) prozori i vrata

Kad je riječ o prozorima, ovdje treba prvenstveno istaknuti da u cijeloj Francuskoj dominiraju jednostruki prozori. Dvostruki pa čak i krilo na krilo prozori, prava su rijetkost. Naravno da ovo u mnogome pojeftinjuje ukupnu cijenu izgradnje. Primjena ovakvih prozora omogućena je uslijed nekoliko okolnosti: manje temperaturne razlike nego kod nas i uopće toplija klima; zatim vrlo dobra izvedba prozora i kvalitetnog sušenog drva, tako da svi vrlo dobro zatvaraju i nadalje cijelo mnoštvo različitih vrlo dobrih tipova uređaja za zatvaranje . Vrlo je česta primjena tropskog drva za izradu stolarije, naročito »nangon« koje se odlikuje vrlo pravilnim i gustim vlaknima, bez kvrga je oupće, a vrlo je lagano.

Interesantno je da se kod mnogih stambenih zgrada upotrebljavaju jednostruki željezni prozori. I za jednu i drugu vrstu treba naglasiti da funkcionira izvrsno bez ikakvih poteškoća kod zatvaranja i otvaranja. Opća karakteristika za vrata bila bi ta, da su vrlo lagana, bez izvitoperenosti. Baš zbog lakoće ne dolazi do iskrivljenja pantova i sjedanja vratiju. Okov je vrlo dobar, kvake i štitovi često su od plastičnih masa. Česta je primjena dovratnika od željeza.

Mala težina krila postiže se primjenom nekoliko sistema izvedbe. Jedan od njih je taj da se okvir krila izvede od daščica debljine 2 mm s okancima 4 cm. Ljepljenje se šperploča obostrano vrši sa specijalnim ljepilom uz zagrijavanje i pod prešom.

Također se za ispunu upotrebljavaju ploče od prešanog i ljepljeno drvenog iverja olakšane okruglom izvedbom okruglih gustih šupljina po cijeloj visini krila.

Umjesto šperploče često se upotrebljava lesonit ploča, a preko nje tanki furnir ili specijalne ploče od umjetnih već koloriranih i poliranih masa.

Krila se u velikim stolarijama odmah liče i to često poliesterskim premazima koji je i kemijski otporan, a daje nenadmašivi sjaj.

Pregledali smo veliku tvornicu vratiju »Francis Conahox« u Lyonu, gdje se sav rad od rezanja građe do završenog poliranja poliesterom obavlja strojevima. Strojevi su uglavnom njemačke proizvodnje. Tvornica proizvodi vrata pod nazivom »Partes Isoplanez« sa saćastom ispunom.

g) grijanje prostorija

Odmah napominjemo da se uopće ne sjećamo da smo u Francuskoj vidjeli peći na drva. Instalacija centralnog grijanja povećana je ne samo u novim stambenim naseljima, nego i u postojećim starim zgradama. Prema grijaćim tijelima razlikuju se tri vrste: grijanje ugrađenim cijevima kroz stropove, radijatorima klasičnog oblika i radijatorima sličnim automobilskim hladnjacima. Kod svih sistema gdje se upotrebljavaju pune stropne ploče, bilo monolitne. bilo prefabricirane, uglavnom se primjenjuje grijanje kroz strop. Cijevi se ugrađuju nakon polaganja armature i smještene su u donjoj polovini ploče. Nešto zbog izolacionog svojstva plastične mase koja je prilijepljena kao pod, a uglavnom zbog takvog smještaja cijevi toplina se emotira sa 2/3 stropa i 1/3 kroz pod. Posjetili smo u vrijeme zime nekoliko useljenih stanova i našli smo da je to grijanje vrlo ugodno. Nigdje se nitko nije tužio bilo na samo zagrijavanje, bilo na eventualne kvarove u instalaciji, prskanje cijevi u stropu itd. jer se instalicija prije betoniranja vrlo rigorozno pregledava, a naročito šavovi. Kao gorivo upotrebljava se prvenstveno ugljen, zatim mazut, pa zemni plin iz Laeq-a nafta. Vidjeli smo i nekoliko primjena zagrijavanja prostorija i to uglavnom soba za dnevni boravak (južni krajevi) pećima i radijatorima na plin i elektriku.

Jedna od najinteresantnijih stvari sa tog područja bio je posjet stambenoj zgradi u Nantesu, gdje francuska kompanija za elektriku upravo izvodi eksperiment s električnim zagrijavanjem kroz podove. Kod ovog sistema na armirano betonskom podu izvodi se još posebna betonska podloga između dva izolaciona sloja, a u nju se ugrađuje specijalni sitem žica za zagrijavanje. Uvlačenje samih žica vrši se naknadno, dok se kanalići u podlozi izrađuju na taj način da se ugrađuje gumeno crijevo koje se nakon očvršćenja betona izvlači.

Ovim načinom zagrijavanja želi se postići to da se pod zagrijava tokom noći, kad industrija ne radi. Toplina se akumulira u podu, a tokom dana emitira u prostorije. Poduzećima, koja proizvode električnu energiju, dobro bi došlo uvođenje ovog sistema grijanja jer je sada slučaj da po danu imaju vršno opterećenje, a po noći neznatno. S druge strane, to bi stanarima smanjilo troškove za grijanje jer bi ta energija, koja se koristi na noćno grijanje. bila prodavana po vrlo niskim cijenama.

Navest ćemo ovdje i podatke o stepenu zagrijavanja pojedinih prostorija kod primjene centralnog grijanja. Računa se da kod vanjske temperature od + 7°C, temperatura u spavaćim sobama treba iznositi + 16°C, a u kupaonici + 20°C.

h) sanitarni uređaji

Kupaonice su redovito malih dimenzija, a opremljene su slijedećim uređajima: umivaonik od fajanse sa toplom i hladnom vodom, tuš-kada ili sjedeća kada, bidet i roštilj od kromiranih zagrijavanih cijevi za sušenje ručnika. Velika kupaonska kada gotovo se i ne upotrebljava.

Kvaliteti sanitarnih predmeta posvećuje se velika pažnja. Nakon dugih istraživanja i pokusa pronađeni su takvi emajli i takvi procesi emajliranja da je naprosto nemoguće oštetiti emajl u kadama za kupanje.

Na gradilištu u Lyonu (Bron-Parilly) uvjerili smo se osobno u izvrsni kvalitet. Šef gradilišta bacio je, naime, oko 2 kg teški vodoinstalaterski fazonski komad sa visine od 2 m u dno kade. Nikakvog oštećenja nije bilo. Sami smo probali zaparati emajl željeznim predmetima, ali nam nije uspjelo.

Do takvih rezultata dolazi se zbog stalnog nastojanja proizvođača da boljim kvalitetom osvoje tržište i da svoje proizvode snabdiju markom za kvalitetu koju izdaje CSTE. Proces ispitivanja u laboratorijima CSTE-a u svrhu dobivanja marke kvalitete traje i po godinu dana.

Kuhinje redovito imaju posebne ormariće sa gornjom plohom od neoksidirajućeg čelika (18 % kroma + 8 % molibdena), formirane tako da imaju jedan do dva sudopera i površinu za odlaganje posuda. Rjeđe se upotrebljava za ovu površinu, koja od plastičnih masa, jer su iskustva pokazala da se i najkvalitetnije specijalne mase ipak deformiraju što se očituje tako da najniža točka sudopera ne ostane izljevno mjesto nego neka druga, a to se smatra nedostatkom.

Gotovo u pravilu oprema se zgrade predviđa sa cijevima za odvod smeća.

U opremu kuhinje dolazi i jedan do dva manja zidna ili stojeća ormarića od raznih materijala, ali štednjak (uglavnom plinski, električni ili kombinirani dobavlja korisnik stana.

i) električna instalacija

Kako Francuska raspolaže gustom mrežom hidro i toplinskih centrala, praktički ne postoji problem, koliko smo mi barem uočili, u mogućnostima opremanja velikih stambenih naselja uređajima i kućanskim aparatima na električni pogon.

Glavni ulazni vodovi elektrike, zatim vodovod, kanalizacija i plin nalaze se u posebnim oknima, sličnim oknima dizala, sa vratima na svakom katu tako da su uvijek pristupačni. No koji puta nalazimo električne vodove za priključak stanova nad žbukom u stubištu. Kod nekih tipova novih objekata čak je i unutrašnja instalacija nad žbukom prikrivena letvicom.

Utikačke kutije i prekidači vrlo su dobre kvalitete. Interesantno je napomenuti da se u zadnje vrijeme izbjegava postava stropnih izvoda za rasvjetno tijelo u sredini prostorije nego je rasvjeta soba riješena pomoću utikačkih kutija, smještenih u uglovima soba za priključak stolnih ili stojećih rasvjetnih tijela. Interesantno je i to da se i ovaj puta, kao i u ostalom kod uvođenja svake novosti, prišlo svestranom razmatranju posljedica, koje će to unesti u živost porodice. Pri CSTB-u djeluje i sociološka grupa koja se bavi uticajem novog načina stanovanja na životne navike građana. Ovaj puta se razvila diskusija o tome da li će uklanjanje rasvjete sa sredine sobe imati za posljedicu i uklanjanje stola iz sredine sobe. To bi imalo uticaja na obiteljski život jer su i tako rijetke prilike kad se cijela obitelj nalazi na okupu, a to je uglavnom baš oko stola za vrijeme obroka.

Ovo smo naveli kao ilustraciju, kako se o svakom novo uvedenom elementu dosta razmišlja, a odluke se donose nakon svestranih studija.

U vezi s električnom instalacijom spomenut ćemo i električna osobna dizala koja se odlikuju velikim nosivostima (za 15—20 ljudi) velikim brzinama (zbog toga manje ugodnom vožnjom), te automatizacijom otvaranja i zatvaranja vratiju u katovima.

j) soboslikarsko ličilački radovi

Novosti na ovom polju možda su nas i najviše impresionirale. S jedne strane zbog praktičnosti, trajnosti, brzine, relativno niske cijene i estetskih izgleda upotrebljenih materijala, a s druge strane zbog toga, što kod nas postoje mogućnosti za primjenu novih materijala jer su mnogi od njih na bazi polivinila.

Ovdje moramo istaknuti da se klijane boje za slikanje zidova uopće ne upotrebljavaju pa čak i u starim zgradama slikanje prostorija izvedeno je novim materijalima.

Sve površine, bilo zidova, bilo stropova, liče se preparatima na bazi polivinila ili kloriranog kaučuka. Rad je vrlo jednostavan:

I. Na podlogu (beton, žbuka, gips) najprije dolazi podloga sa »Touporetom« — prašak poput gipsa. Miješa se s vodom u omjeru 3 : 1 (prašak — voda).

II. Na tu podlogu prska se pištoljem mješavina »Toupret« — a sa celoluznim ljepilom. Površina dobiva sitne grumenčiće veličine 0,5 mm — 2 mm već prema zatraženoj izvedbi.

III. Na ovo se gumenim spužvastim valjkom nanosi sloj polivinilskog ili kaučuk naliča koji je potpuno »mat« i koji djeluje toplo (ne doima se uopće kao uljeni nalič).

Jedna od vrsti takvog naliča prodaje se pod nazivom »Đulite«. Cijena mu je u maloprodaji oko 700 F po kg, a s 1 kg može se izvesti oko 6 m$^3$ u jednom sloju. Ovaj se preparat prima i za željezo, drvo, papir, gips i beton. Može se nanositi i kistom pa je tada potrošak manji (s 1 kg cca 8 m$^2$). Nalič se izvodi u dva sloja.

IV. U kuhinjama i kupaonicama umjesto »Đulita» upotrebljava se »Dolux« koji je na donjoj bazi. Sastav: lacque glycerophtalique. Njime se najčešće izvodi samo drugi sloj, a kao prvi služi jeftiniji »Đulite«.

Oba naliča mogu se prati, a vrlo su trajni, ne ostavljaju prljavštine prilikom izrade, ne brišu se i vrlo lijepo djeluju. Kompletan stan oliči se u dva dana i nakon par sati može se useliti. Posao je toliko jednostavan da ga kasnije prilikom obnavljanja obavljaju sami stanari.

Za razne preparate razne su cijene, od 400 F—1.000 F za 1 kg. Kompletna cijena za ličenje novih zidova iznosi npr: »Đuliete« nalič 305 F/m$^2$ (U. S. $ 0,62) »Dulox« nalič 509 F/m$^2$ U. S. $ 1,04)

Osim ovih novih naliča, dosta je široka upotreba tapeta. Ima ih mnogo vrsta, počevši od jeftinijih papirnatih, do onih na bazi plastičnih masa (500 F/m$^2$).

Često je slučaj da se stan predaje korisniku samo sa donjom osnovnom papirnom podlogom, s time da korisnik sam nalijepi tapete. No ova podloga je od dobrog i nježno poliranog papira, vrlo uredno izvedena, tako da je čest slučaj da korisnik bar prvu godinu uopće ne lijepi tapete.

Željezni predmeti liče se sličnim preparatima kao i zidovi, a to važi i za stolariju. No kod stolarije spomenut ćemo još luksuznu izvedbu s lakom na bazi polyestara.

k) pećarski, keramički i taracerski radovi

Svi ovi radovi polako nestaju u modernoj izgradnji Francuske a osobito prvi zbog primjene centralnog grijanja i ostalih vrsta zagrijavanja bez upotrebe drva kao goriva.

Opločenje zidova keramičkim pločicama potisnuta su širokom primjenom raznih vrsta gotovih ploča od plastičnih i sintetskih materija koje su masovno pojavljuju na tržištu, a dobra im je strana jednostavnost montaže, bolja termička svojstva i niska cijena. Značajnu i raznoliku proizvodnju daje tvornice »Isorel«.

Taracerski radovi također su potisnuti upotrebom gotovih podova: »Dalflex«, »Dalami«, »Tapiflex«, te raznih gumenih i gumeno-spužvastih podova. Mnogo se upotrebljavaju male keramičke pločice 20 × 20 × 3 mm složene u obliku mozaika i naljepljene na papir. Odlikuju se otpornošću na habanje, lijepim izgledom i relativno niskom cijenom (2635 F/m$^2$).

l) staklo i proizvodi

Spomenuli smo već da se u Francuskoj izvode gotovo jedino jednostruka ustakljenja prozora. Međutim, u slučajevima, kad se objekti izvode uz aerodrome upotrebljava se specijalno ustakljenje tzv. »Triver« staklo, proizvod tvornice »Saint Gobain«. To su zapravo posebne ploče izrađene po narudžbi za odgovarajuću veličinu prozora, a sastoje se iz tri sloja debljine 1,6 mm na razmaku od 0,5 mm. Razmak se postiže naročito obradom od plastične mase, koji pokriva sve rubove ploče i ulazi između stakla, tako da ih drži na razmaku. Zvučna izolacija ovakvim staklima je izvrsna, a cijena je 4.560 F/m$^2$ kompletno s ugradbom.

Za uobičajena ostakljenja upotrebljava se staklo 2,4 mm po cijeni od 2.750 F/m$^2$.

Najveća francuska industrija stakla je koncern »Sain Gobain«. Asortiman je zaista bogat. Uz sve vrste stakla proizvode ogromne količine staklene vune, odmah fabricirane u razne oblike: »Madrace« raznih debljina, »plahte« od 2 mm obložene papirom itd.

Vrlo su praktični prešani koritasti komadi raznih profila (polukružni) koji služe za toplinsku izolaciju vodova parnog grijanja. Na ovakvu izolaciju izvede se samo 1 sloj bandaže i odmah liči pa su radovi na izolaciji vrlo brzo gotovi.

m) Limarski radovi

Osim uobičajene izvedbe ovih radova pocinčanim limom, ovdje ćemo spomenuti vrlo praktičan i dobar proizvod koji sjedinjuje limeni opšav i izolaciju tj. ploče »Ruberaly«.

Ove se sastoje od sloja bitumenozne mase 2 — 3 cm s uloškom jute te aluminijske rebraste tanke folije.

Ovaj materijaj je fleksibilan, a cijena je 1.298 F/m$^2$.

**5. Dobava, kvalitet i ispitivanje materijala**

Moramo odmah naglasiti da u toku cijelog boravka u Francuskoj nismo naišli ni na kojem gradilištu na nestašicu bilo kojeg artikla. Tržište je dapače prezasićeno svim mogućim materijalima. Zapravo postoji stalna utakmica među proizvođačima za mogućnost plasiranja pojedinih materijala na taj način da stalno poboljšavaju kvalitetu i nude povoljnije uvjete u pogledu isporuke i cijene.

Navest ćemo ovdje prosječne cijene nekih materijala: pijesak za zidanje 1.700 F/m$^3$, pijesak za žbuku 1.850 F/m$^3$, cement obični u vrećama 6.230 F/t, cement visokovrijedni 7.100 F/t, šljunak 1.890 F/m$^3$ (čist — granuliran u frakciji), daske 17.000 F/m$^3$, željezo beton. okruglo 56 F/kg, željezo betonsko thor 65 F/kg.

Ovdje ne navodimo cijene raznih obrtničkih materijala jer smo već prije naveli kompletnu cijenu za jedinicu mjere gotovog posla.

Svaki novi materijal ili proizvod, da bi dobio tzv. »Marku kvalitete« mora proći kroz čitavu seriju ispitivanja u laboratorijima CSTB. Ova ustanova ima vrlo dobro uređene laboratorije u posebnom centru izvan Pariza (Champs Sur Marne). Ispitivanja su vrlo detaljna, svestrana, a vrše se pomoću najmodernijih uređaja. Pregledali smo te laboratorije i prisustvovali nekim ispitivanjima:

1. Ispitivanje stolarskih i metalnih prozora i vratiju: ispituje se čvrstoća pojedinih dijelova i cjeline, vodopropusnost, toplinska svojstva, akustička svojstva, te prikladnost uređaja za otvaranje, rasklapanje, čišćenje itd.

2. Ispitivanje otpornosti na visoku temperaturu i zapaljivost. Ovdje se u posebnim ogromnim električnim pećima ispituju otpornosti svih mogućih elemenata, predmeta i cijelih panoa od najrazličitijih materijala.

3. Ispitivanje provodljivosti topline; Ispitivanja se vrše na taj način da se ispitivani pano montira kao pregradna stijena između dvije komore. Jedna je na normalnoj temperaturi, a druga se zagrijava ili ohlađuje. Rezultati se automatski registriraju i brojčano i grafički.

4. Ispitivanje rentgen zrakama. Osim pregledavanja kvalitete željeza i izvedenih šavova, ovo se mnogo upotrebljava za proučavanje ponašanja betona prilikom vibriranja raznim napravama za vibriranje (vibratori, pervibratori, vibracioni stolovi, vibrirajuća ravnala itd). Prije vibriranja pravilno se razmjeste čelične čestice te se nakon vibriranja i otvrdnjavanja kontrolira položaj tih čestica.

5. Ispitivanja plastičnih masa za podove, namještaj, sanitarne predmete i cijevi. Ova ispitivanja obuhvaćaju kontrolu materijala na kemijske uticaje, ponašanje na visokoj temperaturi i kod smrzavanja, zatim otpornost materijala na različite uticaje koji nastupaju tokom uporabe.

Promatrali smo ispitivanje jedne od dostavljenih vrsti materijala za podove. Upravo je u toku bilo ispitivanje na otpornost kod pranja. Posebna naprava povremeno je zalijevala, sapunala i četkom ribala uzorak. Na drugom mjestu jedan čelični stolac njihao se stalno sa tražnjim nogama.

6. ispitivanje cijelih panoa ogromnim prešama na pritisak i savijanje.

7. Ispitivanje gotovih stropnih konstrukcija na savijanje.

8. Ispitivanje kocaka na pritisak.

9. Ispitivanje propusnosti panoa.

10. Ispitivanje akustičkih svojstava raznih stropova. U krugu centra izgrađene su podrumske prostorije bez stropova tako da se za strop uvijek upotrebi sistem koji se ispituje. Normirani batići udaraju s gornje strane, a u podrumu aparati bilježe intenzitet zvuka.

Proučavanju i ispitivanju drva kao građevnog materijala posvećena je ogromna pažnja. Ovim proučavanjem bavi se specijalno institucija »Centre technique du bois«. Institucija se financira iz usluga koje vrši, a pod nadzorom je države.

Organizacija institucije:

I. Stručni odsjek (obuhvaća šumsku industriju i pilane);

II. Stručni odsjek (obuhvaća drvenu prerađivačku industriju);

Opći odsjek (istraživanja: biološka, tehnološka, fizikalna i kemijska);

Ispitivanjem cementa, proizvoda od opeke i keramike bavi se posebni zavod. I ovdje treba napomenuti da su ispitivanja vrlo detaljna i svestrana, a zavod ima i vlastitu proizvodnju raznih opekarskih artikala da bi mogao raditi na istraživačkom polju.

Postoji i centar za staklo, te čelik i ostale metale. Uopće mora se konstatirati da je naučno-istraživačkom radu te ispitivanju materijala poklonjena ogromna pažnja.

Na tom polju radi veliki broj stručnjaka iz svih grana nauke. Opremljenost laboratorija je izvanredna, no treba napomenuti da sami objekti u kojima su smješteni laboratoriji nisu neke reprezentativne zgrade. Često se vrijedna naučna ispitivanja vrše u starim zgradama ili skromnim paviljonima, ali modernim instrumentima.

Na kraju spomenut ćemo još jednu značajnu i vrijednu ustanovu: stalnu izložbu produkata građevinske industrije.

Mi smo pregledali takvu izložbu u Lyonu. Ovdje su sakupljeni svi mogući proizvodi koji se primjenjuju u građevinarstvu: od opeke do električnog štednjaka, od betonskog željeza do kupaonskih kada. Svaki proizvođač materijala odmah na početku produkcije izvjesnog artikla šalje uzorak na tu izložbu. Nekoliko arhitekata brine se da se dostavljeni produkti izlože, tako da se odmah vidi i njihova primjena, ali da sve skupa skladno djeluje. Tako se od dobivenih uzoraka za podove polažu dijelovi podova prostorija, a to isto važi i za stropove. Zidovi su obrađeni, bilo raznim vrstama naliča, bilo obljepljeni tapetama. Okov za prozore može se isprobati otvaranjem i zatvaranjem prozora, a isto tako mogu se isprobati razne vrsti roleta i oslingera. Ovdje se mogu naći svi mogući tipovi sudopera, štednjaka, kada, umivaonika, izolacionih ploča, proizvoda od opeke i stakla, električnog pribora, okova itd.

Uz izložene predmete posjetilac odmah saznaje adresu proizvođača, cijenu te sve tehničke osobine izloženih uzoraka.

Ovom izložbom mnogo se koriste investitori, projektanti i izvođači.

## *Sajmovi i izložbe*

### TJEDAN MRAMORA U VERONI 1963.

Od 8. do 16. rujna 1963. održan je u Veroni 2. bienale mramora i strojeva za industriju ukrasnog kamena »ENTE MARMI VERONESE«.

Ova značajna priredba industrije ukrasnog kamena imala je međunarodni karakter i sastojala se iz dvije manifestacije:

— izložbe ukrasnog kamena i strojeva za industriju ukrasnog kamena

— međunarodnog Kongresa mramora.




*Sl. 1: Ulaz u izložbu mramora i mehanizacije*

Izložba je održavana u centru veroneške industrije ukrasnog kamena, u mjestu S. Ambrogio di Valpolicella, 20 km sjeverno od Verone (sl. 1), u kome je i sjedište Državnog instituta mramorne umjetnosti s pripadajućom Višom stručnom školom. Institut i škola smješteni su u staroj zgradi »Villa Bassani«, u čijoj neposrednoj blizini je izgrađen izložbeni prostor.

Međunarodni Kongres mramora održan je u trajanju od tri dana u gradu Veroni u renesansnoj palači Loggia de Consiglio.

Time je ovaj »bienale mramora« imao za cilj — unapređenje jedne važne privredne grane i koordinaciju napora njenog razvoja jer je ta grana već dugo prešla pojedinačne regione, čak i nacionalne teritorije. Izložba je prikazala ukrasni kamen kao potreban, siguran i trajan sastavni dio za estetsko oblikovanje svake građevine i nezamjenjiv faktor za trajnu monumentalnost svakog spomenika, te ukazala i na primjenu ukrasnog kamena u raznim drugim mogućnostima njegovog korištenja — van do sada poznatih tradicionalnih načina.

Kao potrebna i korisna dopuna ove izložbe bila je istodobno izložba strojeva za vađenje, obradu i preradu mramora. Time je pospješena aktivna suradnja između proizvođača ukrasnog kamena, arhitekata i odgovarajuće mašinogradnje u cilju iznalaženja povoljnijih uvjeta za smanjenje troškova proizvodnje, usavršavanje prerade i poboljšanje higi-

jensko-tehničkih uvjeta rada, kako u kamenolomu tako u proizvodnim pogonima prerade.

Za nas je ova međunarodna izložba bila posebno značajna, jer je Jugoslavija nastupila sa svojim samostalnim paviljonom, putem poslovnog udruženja »KAMENGRAD« Beograd (sl. 2).




*Sl. 2: Jugoslavenski paviljon ukrasnog kamena*

Iz Hrvatske prikazali su svoje eksponate: »Kamen« — Pazin, »Kamenolom« — Buje, »Jadrankamen« — Split, »Sadra« — Sinj.

Iz ostalih republika izlagani su eksponati ukrasnog kamena iz Prilepa, Kičeva, Gostivara, Sežane, Venčaca, Novog Pazara, Peći, Jablanice, Oplotnice i dr.

Već podatak da je jugoslavenski katalog obuhvatao 75 vrsta ukrasnog kamena iz svih republika, ukazuje na opću pažnju koju je svojom raznolikošću boja i kvaliteta privukao jugoslavenski kamen na ovoj međunarodnoj izložbi.

Poseban interes posjetilaca privukli su štandovi industrije strojeva za vađenje i preradu ukrasnog kamena. Tu je prikazano zaista najsuvremenije stanje u razvoju ove grane strojarske tehnike iz Italije, Zapadne Njemačke, Švedske, Austrije, Belgije i Francuske.

Na Kongresu iznijeti su ovi važniji referati: Prof. P a s a : Geološke istrage i kultiviranje naslaga kamena, Dr ing. C a l v i n o : Potreba poz-



*Sl. 4: Mramorni granulati po frakcijama*

navanja litoloških i tehničkih karakteristika kamenih materijala, Ing. R o s s a t o : Tehničke i organizacione potrebe u obradi mramora, F a g n a n i : Mramor i trgovina mramora, Prof. ing. C i r i b i n i : Serijska obrada mramora u odnosu na primjenu mramora u građevnim konstrukcijama.

Svi referati i koreferati spremljeni su za učesnike Kongresa na talijanskom, engleskom, francuskom i njemačkom jeziku.

Organizatori ovog bienala omogućili su učesnicima pregled tvornica i njihovih pogona u oblasti Verone, a posebno najmoderniju industriju MENEGOLLI u Grezzanu (sl. 3). Ovo poduzeće posebno proizvodi pretežno za izvoz mramorne granulate u 6 frakcija i raznim bojama, u postrojenju kapaciteta 100 t/sat.



*Sl. 3: Postrojenje industrije mramora Menegolli*

Ova izložba i kongres dali su poticaj našim proizvođačima ukrasnog kamena, da se ova grana treba modernizirati ulaganjem novih investicija u op-



*Sl. 5: Otvaranje Jugoslavenskog paviljona po Ministru vanjske trgovine Italije*

remljenost mehanizacijom, kvalifikacionom promjenom strukture kadrova, ako želimo da na stranom tržištu budemo konkurentni kvalitetom i asortimanom ukrasnog kamena, a pogotovo cijenom.

Koliko treba još ulagati truda i investicija u razvoj ove grane, koja je po kvalitetu dalmatinskog i istarskog ukrasnog kamena poznata u svijetu, neka pokažu ovi uporedni podaci:

| | Jugoslavija | | Italija | |
|---|---|---|---|---|
| Broj radnika | 6.000 | | 50.000 | |
| Godišnja proizvodnja po radniku | 18 t | | 34 t | |
| Ukupna proizvodnja | 108.000 | | 1,727.000 | |
| Od toga izvoz | 27.000 | 25 % | 490.000 | 30 % |
| Vrijednost izvoza u dolarima | 885.000 $ | | 40,000.000 $ | |

Na kraju želimo istaći, da je Jugoslavenski paviljon svojim efektnim izgledom pobudio opću pažnju svih posjetilaca, da je naš paviljon otvorio osobno ministar vanjske trgovine Italijanske vlade, gospodin Giuseppe Trabucci (sl. 5) i da je na kraju izložbe naš paviljon dobio diplomu sa zlatnom medaljom.

*Milan Jančiković*

## *Kongresi i sastanci*

### MEĐUNARODNA KONFERENCIJA ZA MEHANIKU I FUNDIRANJE, BUDIMPEŠTA 1963

Mađarska Akademija znanosti organizirala je u septembru ove godine po drugi put internacionalnu konferenciju za mehaniku tla i fundiranje. Prva je održana još 1955. uz sudjelovanje pok. Prof. J. Jaky, u svijetu dobro poznatog učenjaka na polju geomehanike. Njegovi su brojni sljedbenici u Mađarskoj veoma aktivni na polju daljnjeg naučnog proučavanja geomehaničkih problema i na polju njene primjene za rješavanje kompliciranih problema fundiranja u praksi. Za ovu drugu konferenciju vladalo je veliko zanimanje, pa su na konferenciji sudjelovali i predstavnici iz dalekog Japana.

Referati su grupirani u pet tema:

1. Teoretska i praktična pitanja pritiska tla, 11 referata, izvjestilac Prof. A. Kezdi
2. Zemljani radovi (stabilnost kosina, zbijanje tla), 9 referata, izvjestilac J. Domjan
3. Moć nošenja tla, 14 referata, izvjestilac Prof. K. Sechy
4. Suvremene ekonomične i mehanizirane metode temeljenja, 8 referata, izvjestilac Prof. R. Ochvar
5. Opterećenje i dimenzioniranje podzemnih radova, 8 referata, izvjestilac L. Rosza.

Iz ovog se pregleda vidi, da su priređivači konferencije stavili na prvo mjesto primjenu najnovijih saznanja geomehanike za rješavanje problema dnevne inženjerske prakse. Svi su referati objavljeni prije kongresa u lijepo štampanoj knjizi sa 550 stranica.

Izvjestilac Kezdi smatra da su teorije pritiska tla primjenom klasičnih principa granične ravnoteže i plastičnog loma dostigle konačni razvoj. Daljnji se napredak može postići istraživanjem drugih parametara, kao što su deformacije uslijed napona na smicanje, uticaj vremena na deformacije, stanje neposredno prije loma itd., na kojem polju su se istakli i neki naši istraživači (Ladanji, Šuklje, Vidmar). Smatra da su mjerenja u naravi neophodna za pronalaženje osnovnih principa i pretpostavki u novim teorijama.

U drugoj temi zapaženi su referati u vezi sa stabilnosti kosina iskopa i odlagališta u otvorenim rudnicima ugljena. Na konferenciji je prikazan i referat o stabilnosti kosina u raspucanoj diluvijalnoj glini zagrebačke terase. Nekoliko je referata bilo posvećeno stabilizaciji tla u nasipima zbijanjem.

Izvjestilac za treću temu konstatirao je u svojem izvještaju da se danas prihvaćene teorije loma tla ispod temelja ne mogu smatrati konačnim rješenjem problema. Potrebno je daljnje proučavanje na temelju eksperimenata u velikom mjerilu. Pored

teorija temeljenih na graničnom stanju loma, moraju se uzeti u obzir i deformacione karakteristike tla jer se uvijek ne smiju zanemariti deformacije nastale u tlu od napona kod dozvoljenog opterećenja. Dozvoljeno opterećenje mora se, dakle, odrediti uzimajući u obzir i deformacije tla. Referati na kongresu dali su više interesantnih priloga i ilustracija o ovim pitanjima, ali ništa bitno nova nije prikazano.

U četvrtoj temi izneseno je više referata koji su prikazali veoma zanimljive suvremene metode temeljenja. Više je referata posvećeno injektiranju nevezanog tla srednje i male propusnosti (pijesak, prašinasti pijesak). Prikazana je primjena silikatnih injekcija za smanjenje propusnosti i za stabilizaciju lesnog tla. U potonjem slučaju umjesto injektiranja pod tlakom primijenjana je elektroosmoza za prijenos rastopine vodenog stakla s razmakom elektroda oko 90 cm. Utrošak je bio 200 1 vodenog stakla i 10—15 kwh struje za 1 $m^3$ tla. Osim vodenog stakla, opisana je i primjena umjetnih smola i drugih sredstava, koje u nekim slučajevima daju još bolje rezultate. Za injektiranje u malo propusnom tlu opisana je i primjena vakuum pumpa, kojima se poboljšava prodiranje smjese od mjesta ubrizgavanja prema mjestu odakle se crpi temeljna voda. Referati o ovim pitanjima iznijeli su mnoštvo detalja koje se inače često strogo čuva kao poslovna tajna. Nekoliko je radova posvećeno i suvremenim metodama izrade šipova.

U petoj temi o opterećenju i dimenzioniranju podzemnih radova, podneseno je više referata koji rješavaju problem polazeći od elastačnih i plastičnih osobina stijene i obloge, da bi uz stanovite pretpostavke sveli problem na oblike pristupačne matematičkoj analizi. Kod toga se mogu uzeti u obzir i reološke osobine materijala. Eksperiment na modelu i u naravi je drugi način rješavanja problema. Suvremeni pogledi, iskustvo i rješenja omogućuju da se tunelske obloge znatno ekonomičnije projektiraju negoli po klasičnim metodama.

U prvom svesku Saopćenja štampana su dva naša referata (Vidmar, Milović), a u drugom svesku koji će sadržavati prikaz diskusija o temama kongresa, štampat će se još jedan (Nonveiller) koji je u skraćenom obliku prikazan na konferenciji.

Diskusije na kongresu otvorio je za svaku temu glavni izvjestilac, koji je dao kritički prikaz odnosnih referata, i po dva eminentna stručnjaka pozvana od organizatora s unaprijed pripremljenom diskusijom o predmetu teme (Među pozvanim stručnjacima bio je i naš Prof. L. Šuklje iz Ljubljane). Na taj način vrlo je sretno kanalizirana daljnja diskusija učesnika konferencije.

Konferencija je pokazala visoki stupanj razvoja teorije mehanike tla i njene primjene za fundiranje koji je dostignut posljednjih godina u svijetu. Primjena elektronskih računala već se je udomaćila i za rješavanje ovih problema, što omogućuje iskorištenje tačnijih teorija koje zahtijevaju opseg rada koji se ne može savladati običnim metodama.

Referati, generalni izvještaji i diskusije na konferenciji pokazali su da je nauka o mehaniki tla u susjednoj Mađarskoj veoma razvijena i da se ona uspješno primijenjuje za racionalno rješavanje problema iz prakse.

Konferencija je bila odlično organizirana. Domaćini su veoma srdačno primili inozemne goste i omogućili su uspostavljanje veoma korisnih poznanstava i ličnih dodira između učesnika iz raznih zemalja.

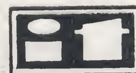
Prilikom savjetovanja organizirane su ekskurzije na kojima su pokazali dva veoma zanimljiva objekta:

— gradnju nove termoelektrane kod Szazhalombatta s 200 m visokim dimnjakom koji je fundiran na šljunku na prednapetoj čunjistoj temeljnoj ploči,

— radove na gradnji nove pruge podzemne željeznice u Budimpešti. Cca 10 km nove pruge gradi se u naslagama diluvijalne gline s mjestimičnim lećama vodonosnog pijeska, u dubini do 30 m ispod površine. Primijenjena je metoda štita u kojem se radi pod tlakom zraka, a iza njega se odmah ugrađuje obloga od lijevanih tibinga. Do sada je dovršeno oko 50% tunelskih radova, računa se da će se pruga dovršiti do 1971. godine.

**E. N.**

## *Iz Saveza građevnih inženjera i tehničara Hrvatske*



### I PLENUM ODBORA SAVEZA GRAĐEVNIH INŽENJERA I TEHNIČARA HRVATSKE U SLAVONSKOM BRODU

Na trogodišnjoj skupštini Saveza građevnih inženjera i tehničara Hrvatske, održanoj 19. travnja 1963. u Puli, izabrani su za mandatni period 1963.—1965. novi organi Saveza (Vidi »Građevinar« br. 6/1963.).

Izvršni odbor Saveza konstituirao se na svojoj prvoj sjednici u Zagrebu 8. svibnja 1963 — i odlučio da se I plenarno zasjedanje Odbora SGITH održi u Slavonskom Brodu 21. i 22. lipnja 1963.

Dnevni red I plenuma bio je:

1. Izvještaj o konstituiranju i radu Izvršnog odbora SGITH od održane skupštine u Puli 19. travnja do I. plenuma u Slavonskom Brodu 21. lipnja 1963.

2. Organiziranje savjetovanja o integracionim kretanjima u građevinarstvu u kooperaciji sa Savjetom za građevinarstvo Privredne komore Hrvatske i Republičkim odborom sindikata građevinara.

3. Rad redakcijskog odbora časopisa »Građevinar«.

4. Razno.

U stručnom dijelu zasjedanja održani su referati:

1. Ing. Jelaković: Regulacioni i melioracioni problemi Posavine u regionu Slavonskog Broda,

2. Ing. Antolković: Urbanistički problemi Slavonskog Broda i Bosanskog Broda,

3. Ing. Dekorti: Stambena izgradnja u Slavonskom Brodu.

Za ovo predavanje DGIT Slavonski Brod spremilo je za svakog učesnika u posebnim koricama odgovarajuće nacrte, a pored toga pojedini su predavači svoja izlaganja podkrijepili ostalom tehničkom dokumentacijom.

Na večer prvog dana svi delegati Plenuma primljeni su od predsjednika NOO Slavonski Brod, druga Stjepana Rajkovića.

22. lipnja organizirana je bila posjeta i pregled postrojenja Rafinerije nafte u Bosanskom Brodu, pregled novog cestovnog i željezničkog mosta preko Save i pregled tvornice »Đuro Đaković« s posebnim akcentom na proizvodnju građevne mehanizacije.

Plenum je po prihvatu izvještaja o radu i ostalih tačaka dnevnog reda, uvažavajući iznijeto u diskusiji, donio slijedeće

**Zaključke i preporuke**

1. Plenum odobrava odluke i zaključke donijete po Izvršnom odboru Saveza na 1. sjednici 8. svibnja 1963. u Zagrebu:

a) Konstituiranje Izvršnog odbora:
- potpredsjednik SGITH Ing. Josip Klepac
- tajnik Milan Jančiković (za poslovnu godinu 1963.)
- II tajnik Ing. Martin Pilar
- blagajnik Ante Čurčić
- školstvo i kadrovi — Ing. Martin Pilar i Vatroslav Cota
- naučnoistraživački rad — Ing. Josip Vadlja i Ing. Đuro Šimac
- stručna štampa — Prof. dr ing. Ervin Nonveiller
- produktivnost rada — Ing. Josip Klepac i Ivan Barac

(vidi »Građevinar« br. 7/1963.)

2. Savjetovanje o integracionim kretanjima održat će se u Zagrebu 12. srpnja 1963. s tim da se osnovnim referatom obuhvati:
- položaj građevinarstva u privredi SFRJ i posebno u SRH
- tehnološko-proizvodni razlozi za integraciju u građevinarstvu
- ekonomski uvjeti i primjena integracije
- uloga društvenih organizacija u provedbi integracije.

Preporuke i zaključke sa ovog savjetovanja objaviti u »Građevinaru«, kako bi sve društvene organizacije ovog Saveza mogle pristupiti njihovom provođenju.

3. Na prijedlog Glavnog urednika časopisa »Građevinar« redakcijski odbor časopisa ostaje u istom sastavu kao do sada, jer njegov mandat nije vremenski vezan s mandatom Izvršnog odbora Saveza.

4. Anketu koju provodi Savez inženjera i tehničara Hrvatske među mlađim članovima trebaju sve naše organizacije potpomagati i nastojati da se razaslati anketni listovi u što većem broju popune, kako bi se dobila vjerna slika o poteškoćama s kojim se sukobljavaju mladi inženjeri i tehničari po završetku studija.

5. Odbor Saveza odlučuje da se II plenarno zasjedanje održi u Sisku, tokom mjeseca listopada.

Na završetku rada predsjednik NOO Slavonski Brod drug Rajković izrazio je svoje zadovoljstvo, što je plenum zasjedao u Slavonskom Brodu i u svom stručnom dijelu razmotrio probleme ovog regiona, izrazivši mišljenje o korisnosti ovog načina rada društvenih organizacija inženjera i tehničara.

*Milan Jančiković*

## II PLENUM ODBORA SAVEZA GRAĐEVNIH INŽENJERA I TEHNIČARA SR HRVATSKE

30. listopada 1963. održano je u Sisku II plenarno zasjedanje Odbora Saveza građevnih inženjera i tehničara Hrvatske, u mandatnom periodu 1963—1965.

Rad plenuma obavljao se u novim, vrlo ukusno uređenim klubskim prostorijama Društva inženjera i tehničara Kotara Sisak.

Odbor SGITH usvojio je slijedeći dnevni red:

1. Izvještaj o akciji građevinarstva Hrvatske u obnovi i izgradnji Skoplja. Ovaj izvještaj podnio je — nakon 10-dnevnog boravka u Skoplju — prvi tajnik SGITH, drug Milan Jančiković.

2. Izvještaji o radu kotarskih društava građevnih inženjera i tehničara. Svoje izvještaje podnijeli su predstavnici Društava iz Rijeke, Siska, Kutine, Zagreba, Križevaca i Slav. Broda.

3. Prijedlog za izbor počasnih i zaslužnih članova SIT Hrvatske.

4. Razvoj i problematika građevne privrede u kotaru Sisak. Referat izrađen u suradnji sa Kotarskom Privrednom komorom Sisak, podnio je predsjednik DGIT — Sisak, ing. Boris Delfin. Referat se objavljuje kao poseban članak u časopisu »Građevinar«.

5. Razno.

Zasjedanje Odbora SGITH trajalo je od 9—13 sati, a poslije podne istog dana — nakon zajedničkog ručka u Željezari Sisak — predstavnici Konstrukcionog biroa i Komercijalne službe Željezare Sisak organizirali su demonstraciju novog tipa građevinske montažne skele po KSK-sistemu i nove skele za dizalicu tipa »VEZES« XII.

Poslije demonstracije ovih novih tipova građevinskih skela, učesnici plenuma pregledali su ogromna postrojenja nove proizvodnje šavnih cijevi Željezare Sisak, koja otpočinje probnu proizvodnju ovih dana.

Na plenumu su nakon podnesenih izvještaja i referata po dnevnom redu i diskusiji učesnika donijete slijedeće

Preporuke i zaključci:

1. Usvaja se izvještaj o radu Izvršnog Odbora SGITH i akciji građevinarstva Hrvatske u obnovi Skoplja, za vrijeme između I plenuma održanog dne 21. VI 1963. u Sl. Brodu i II plenuma održanog 30. X 1963. u Sisku.

2. Na traženje Saveza inženjera i tehničara Hrvatske, da mu se za predstojeću skupštinu predlože počasni i zaslužni članovi Saveza IT, a na prijedlog DGIT Zagreb i DGIT Sisak, predlažu se za zaslužne članove SITH:

— Ing. Josip Najman iz DGIT Zagreb
— Ing. Boris Delfin iz DGIT Sisak
— Ing. Martin Pilar iz DGIT Zagreb
— Viši tehničar Ante Čurčić iz DGIT Zagreb.

3. Položaj — viši građevinski tehničar, koji su javni službenici, u pogledu priznavanja više stručne spreme, tj. njihovog tretmana kao službenika II vrste, a ne kao danas, službenika III vrste, još nije riješen.

Iako je inicijativa za priznavanje ovakvog statusa viših građevinskih tehničara potekla upravo od našeg Saveza, još prije više od četiri godine, Savezne društvene organizacije i Savezni organi uprava ovo pitanje još nisu riješili u smislu podnijetih prijedloga.

Stoga se ponovo apelira na Savez građevinskih inženjera i tehničara Jugoslavije da ovo pitanje i dalje nastoje riješiti u pravcu zadovoljenja opravdanih zahtjeva viših građevnih tehničara, koji su javni službenici.

4. Plenum utvrđuje opetovano neodazivanje DGIT Splita, Dubrovnika, Zadra i Šibenika, da aktivno sudjeluju u radu Odbora SGITH, te poziva pomenuta Društva da ovu praksu prekinu i svoju društvenu i stručnu djelatnost pojačaju, a posebno iz razloga što predstoje aktuelni problemi upravo pred ovim Društvima, kao npr:

— izgradnja Jadranske magistrale
— razvoj turističke privrede u priobalnom pojasu,
— razvoj vodoopskrbne mreže u kraškom području i sl.

5. Imajući u vidu da su u 1963. održane značajne stručne manifestacije, kao:

— Savjetovanje Saveza građevnih instituta i laboratorija Jugoslavije »Aktuelni problemi građevinarstva«, održano u Beogradu 25/26. aprila 1963.
— Savjetovanje o mehanizaciji građevinarstva, održano 27/28. maja 1963. u Beogradu
— Savjetovanje o integraciji u građevinarstvu, održano u Zagrebu 12. jula 1963.
— Savjetovanje o racionalnoj stambenoj izgradnji u Beogradu, 27/28. juna 1963,

Odbor Saveza građevnih inženjera i tehničara SRH preporuča svim Kotarskim DGIT i njihovim podružnicama, da problematiku ovih savjetovanja prouče i provađaju u djelo, a napose:

— razrada društvenih planova za 1964. i za period 1964—1970
— sudjelovanje u izradi statuta privrednih organizacija građevinarstva i statuta Komuna i kotareva, koji trebaju obuhvatiti zadatke i rad Društva građevnih inženjera i tehničara na svom teritoriju
— provedbu integracionih kretanja u građevinarstvu
— prijelaz na industrijski način stambene izgradnje, kao preduvjet za proizvodnju stanova za tržište i dr.

6. Slijedeće plenarno zasjedanje Odbora SGITH održat će se u I kvartalu 1964. u Splitu u koliko DGIT Split prihvati njegovu organizaciju; društvo Split je jedno od najstarijih i najbrojnijih društava. Ukoliko DGIT Split ne prihvati ovaj prijedlog — idući plenum održati će se u Zagrebu.

7. Službeno glasilo našeg Saveza časopis »Građevinar« i dalje pokazuje porast broja pretplatnika i proširenje opsega njegovog rada sa odgovarajućim financijskim uspjehom, te se pozivaju sva Društva i Podružnice da ovo pozitivno kretanje pospješuju među svojim članstvom, prikupljanjem novih pretplatnika i suradnjom u objavljivanju članaka, a posebno za rubriku »S naših gradilišta«.

*Milan Jančiković*

## Bibliografija

DER FELSBAU (Građenje u stijeni), Dr Leopold Müller, I svezak, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1963, XXIV + 624 str, tvrdo uvezano, cijena 130 DM.

Pisac knjige Dr L. Müller iz Salzburga veoma je dobro poznati stručnjak koji se specijalno bavi problemima građenja u stijeni. Njegova je zasluga što se danas u svijetu veoma intenzivno njeguje nova grana nauke, mehanika stijene, koja slično kao mehanika tla mora građevinskom inženjeru dati sredstvo za racionalno rješavanje onih zadataka koji su se do sada rješavali samo više manje deskriptivnim metodama geologije.

Prva knjiga s ovog područja bila je »La Mechanique des Roches« koju je Talobre objavio 1957. god., **Der Felsbau,** koji izlazi šest godina kasnije, donosi najnovija saznanja s tog područja o mehanici stijene.

Knjiga je podijeljena na dva dijela: teoretski dio i građenje u stijeni nad površinom, 1. dio. U drugom svesku, koji je još u pripremi, izaći će 2. dio o fundiranju na površini stijene, i treći dio koji će obraditi podzemne radove u stijeni.

U teoretskom dijelu autor obrađuje kamen kao građevni materijal, razlikujući pri tome između kamena u užem smislu i brda, koje je kompleks sastavljen od kamena sa svim njegovim defektima. Detaljno obrađuje zatim najvažnije građevinske osobine brda, razne uticaje koji određuju osobine stjenovite brdske mase, način određivanja tehnički važnih osobina brdskih masiva. Pored načina opisivanja i statističkog prikazivanja stanja masiva po smjeru i uglu pružanja i padanja slojeva, kakav je uobičajen u geologiji, autor opisuje i detaljniju inženjersku klasifikaciju u kojoj se pomoću koeficijenata obuhvaćaju tehnički važne karakteristike stijena: smjer pukotina i njihov prosječni međusobni razmak, kontinuitet pukotinskih ploha itd. Numeričkim se koeficijentima za raspucalost u raznim smjerovima dobiju podaci koji služe za klasifikaciju stijene i za međusobnu komparaciju tehničkih osobina masiva. Veliku pažnju posvećuje autor uticaju vode na osobine i na ponašanje stjenovitih masiva kao i posljedicama koje taj tlak izaziva kod raznih tehničkih zahvata koji mijenjaju prirodnu ravnotežu masiva. Obrađuje se i uticaj vremena na promjene stanja napona i na deformacije masiva u prirodi i kod promjena napona izazvanih građenjem.

Nekoliko je poglavlja posvećeno proučavanju tehničkih osobina razlomljenog masiva. Postavljeni su time osnovi »mehanike stijene« koja proučava masiv kao diskontinuum uzimajući u obzir diskontinuitete koji postoje u strukturi. Takav pristup proučavanju masiva od mnogih je osporavan zbog velikog broja nepoznanica koje bi trebalo poznavati za dobivanje jednoznaničnih rješenja. Do sada je razvoj u smjeru proučavanja diskontinuuma, međutim, već dao određenih rezultata koji imaju i praktične primjene i omogućavaju rješenje nekih praktičnih problema na zadovoljavajući način.

Jedno je poglavlje posvećeno tehnološkom ispitivanju osobina masiva. Ispituju se deformacione karakteristike i čvrstoća za smicanje. Najviše se važnosti pridaje pokusima u velikom mjerilu, naročito »in situ«, kojih rezultati vjernije odražavaju prirodnu nehomogenost masiva. Na primjerima primjene raznih metoda u praksi analizira njihove karakteristike i mogućnosti.

Autor je posvetio mnogo mjesta pitanjima goološkog istraživanja terena s naročitim obzirom na sistematiku snimanja i prikazivanja položaja i osobina sistema pukotina, kao i statističkom obrađivanju i prikazivanju dobivenih rezultata. Opisana su ispitivanja i mjerenja u zasjecima, oknima, bušenjima i raznim geofizičkim metodama. Posebnu pažnju posvećuje detaljnom proučavanju rezultata bušenja, direktnim detaljnim snimanjem izvađene jezgre i ispitivanjem stijenki bušotina pomoću televizijske sonde, koja omogućuje dobivanje znatno bogatijeg fonda podataka iz skupog bušenja nego samo proučavanje jezgre, koja upravo na mjestima manjeg otpora daju nepotpune ili nikakove podatke.

Drugi dio knjige posvećen je projektiranju i proračunavanju objekata u stijeni. Nakon općih razmatranja o geostatičkom proračunavanju građevina u vezi sa stijenom i o faktoru sigurnosti, kao i o primjeni modela za ispitivanje i provjeravanje rezultata proračuna u fazi projektiranja, autor posvećuje posebna poglavlja slobodnim kosinama, obloženim, poduprtim i osiguranim kosinama u stijeni. U svakom od tih poglavlja obrađuje osnove za geostatički proračun elemenata stabilne kosine, s naročitim obzirom na uticaj vode u pukotinama na stabilnost i na opterećenje. Analizira uticaj oblika kosine na sile i stabilnost. Razmatra probleme u vezi s građenjem u stijeni. Naročito je zanimljivo poglavlje o osiguranim kosinama, gdje iznosi sasvim nove mogućnosti primjene prednapinjanja potporne konstrukcije i dijela stijenske mase iza nje, s ciljem da se postigne ekonomija i veća sigurnost građevine. Daje detalje o mogućim konstrukcijama i metodama prednapinjanja, kao i osnove za geostatičko dimenzioniranje, te navodi više zanimljivih primjera izvedenih građevina.

Na kraju knjige dat je opsežan bibliografski popis literature s područja mehanike stijene i inženjerske geologije.

Knjiga je pisana zanimljivim lakim stilom, koji je pristupačan i stručnjacima koji nisu specijalizirani na tom novom području građevinarstva. Mnogi primjeri iz prakse i veoma dobre ilustracije čine knjigu vrijednim priručnikom za sve koji u svojoj praksi rade sa stjenom, bilo kao projektanti bilo kao izvođači.

Autor koji ima veoma veliko lično iskustvo s područja građenja u stijeni, dao je ovim djelom detaljan pregled današnjeg stanja nauke o mehanici stijene i graničnih područja geologije i inženjerske geologije, kao i tendencija njenog daljnjeg razvoja, u kojem i sam veoma aktivno i uspješno djeluje.

**E. N.**

*Bilješka s puta*

## PODZEMNA ŽELJEZNICA U BUDIMPEŠTI

Projektirana podzemna željeznica treba da poveže Budimpeštu u smjeru istok-zapad, od južnog preko istočnog kolodvora do Stadiona, s ukupno 10 km pruge.

Gradnja je započela 1951. Rok građenja bio je predviđen sa 5 godina. Građenje je započelo na 13 napadnih mjesta, ali su 1954. god. radovi obustavljeni. 1960. radovi su nastavljeni s malim sredstvima, 1964. će se tempo rada ubrzati, da bi se do 1971. cijela pruga predala prometu. Do sada je izvedeno oko 40% tunela.

Pruga leži u sloju gline 12—15 m debljine, do 30 m ispod površine, ali se svugdje nailazi na podzemnu vodu, koju vode pjeskoviti i glinoviti proslojci i ulošci u glini. Sama glina je raspucana i kroz te pukotine također prodire voda. Do sada nije na tom radu bilo nesretnih slučajeva. Vlažnost gline je između 6,5 i 20%, granica krutosti je između 15 i 25%.

Primijenjuje se metoda rada sa štitom pod komprimiranim zrakom. Na nekim se dionicama radi i klasičnim metodama tunelskog rada uz primjenu komprimiranog zraka, da se spriječi prodor vode. Brzina rada pod štitom je 2,5 m na dan za pruge obložene tubbingima, a 1,5 m dan kad se radi klasičnom metodom. Kopa se u oba slučaja ručno.

Na postajama u razmaku od oko 1 km rade se tri paralelne cijevi $\phi$ 8,5 m, takoder po metodi štita s oblogom od čeličnih tubbinga (prstenovi). U sredini je smješten kosi prilazni rov u kojem će biti mehaničke stepenice. Dužina postaje je 120 m, predviđene su da prime vlakove sa 6 kola, kapaciteta 1300 putnika. Vozno vrijeme za 8,2 km predviđa se sa 17', brzina vožnje je 70 km/h.

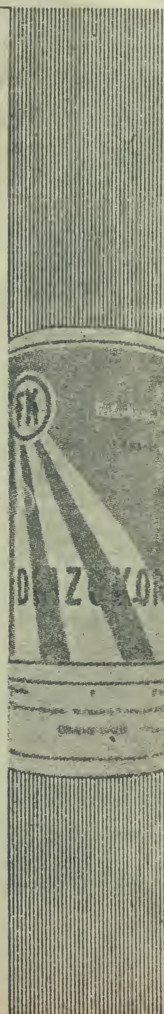
Napadna okna rađena su kao bunari koji su spušteni uz pomoć bentonitne isplake. Bunari za okna, koji se spuštaju s bentonitnom isplakom, imaju vodilicu visine 2,5—3 m na dnu iznad koje je plašt 10 cm tanji, pa ostaje prostor prema konturi ispoka koji se napuni bentonitnom suspenzijom težine $\gamma$ — 1,4 t/m$^3$. Kako se bunar spušta, dopunjava se suspenzijom s gornjeg kraja, kod čega se njena gustoća postepeno smanjuje. Sva su okna ovim načinom uspješno spuštena. Od okna do osi tunela vodi potkop. Na tom se mjestu montira komorna štita, pa se sve stavi pod tlak zraka i nastavlja kopanje u štitu. Tlak zraka kreće se između 1,5 i 2,7 atm.

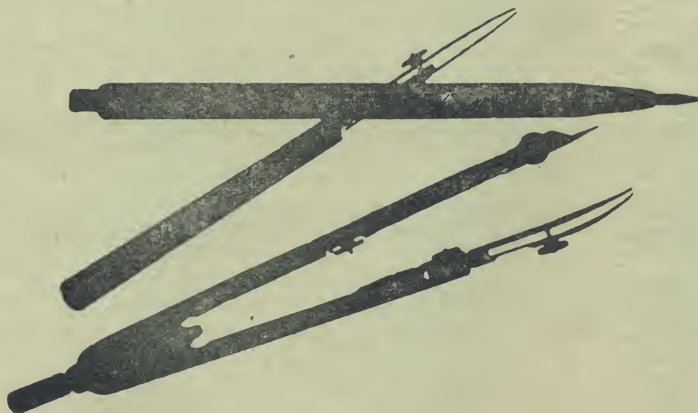
Proučava se mogućnost upotrebe tubbinga od armiranog betona koji se stvrdnjavaju posebnim postupkom u autoklavu. Pokusi su još u toku, a predviđa se da bi se primijenili na oko 3 km pruge.

Fuge među elementima tubbinga brtve se bujajućim cementom domaće proizvodnje. Prostor između obloge i tla zapunjava se injektiranjem. Prvo se ubrizgava cementni malter pod tlakom od 1—2 atm. Zatim slijedi injektiranje cementne suspenzije s bentonitom radi smanjenja propusnosti, pod tlakom od 10 atm. Gdje se još pojavljuju tragovi vlage, injektira se u trećoj fazi bentonitna suspenzija pod tlakom od 15—20 atm. Za injektiranje buše se rupe duljine do 1 m.

**E. N.**

BIBLIOGRAFIJA


FK






metan

